

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**  
**«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ**  
**імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**  
Механіко-машинобудівний інститут  
(повна назва інституту/факультету)

кафедра технології машинобудування  
(повна назва кафедри)

«На правах рукопису»  
УДК 621.91

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри  
\_\_\_\_\_ Петраков Ю.В.  
(підпис) (ініціали, прізвище)

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2018 р.

## Магістерська дисертація

зі спеціальності (спеціалізації) 131 «Прикладна механіка» спеціалізації  
«Технології машинобудування»  
(код і назва спеціальності)

на тему: Аналіз та прогнозування точності оброблення деталей статистичними методами

Виконав (-ла): студент (-ка) 6 курсу, групи МТ-71мп  
(шифр групи)

Зварич Василь Іванович  
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Науковий керівник к.т.н., доц. Фролов В.К.  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Консультант \_\_\_\_\_  
(назва розділу) (науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації  
немає запозичень з праць інших авторів без  
відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2018 року

**Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського»**

Інститут/факультет Механіко-машинобудівний інститут  
(повна назва)

Кафедра кафедра технології машинобудування  
(повна назва)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність (спеціалізація) 131 «Прикладна механіка» спеціалізації  
«Технології машинобудування»  
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри  
\_\_\_\_\_ Петраков Ю.В.  
(підпис) (ініціали, прізвище)  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ  
на магістерську дисертацію студенту  
Зваричу Василю Івановичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)**

1. Тема дисертації Аналіз та прогнозування точності оброблення деталей статистичними методами  
науковий керівник дисертації Фролов Володимир Костянтинович, к.т.н., доц.  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)  
затверджені наказом по університету від «\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 р. № \_\_\_\_\_
2. Строк подання студентом дисертації 15 грудня 2018 р.
3. Об'єкт дослідження Процес прогнозування точності оброблення деталей статистичними методами
4. Предмет дослідження (Вихідні дані – для магістерської дисертації за освітньо-професійною програмою) 1. Кресленник деталі. 2. Матеріал деталі – сірий чавун СЧ-25 ГОСТ 1412-85. 3. Величина замовлення – 200 штук. 4. Техніко-економічні показники верстатного обладнання.
5. Перелік завдань, які потрібно розробити 1. Проаналізувати існуючі методи прогнозування точності оброблення деталей. 2. Створити програмний продукт для статистично достовірного прогнозування точності. 3. Розробити

кресленник заготовки для виготовлення деталі «Корпус задній». 4. Спроекувати технологічний процес оброблення. 5. Спроекувати конструкції верстатних пристроїв. 6. Розробити стартап-проект.

6. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу 1. Результати аналізу існуючих методів прогнозування точності оброблення деталей. 2. Програмний продукт для статистично достовірного прогнозування точності. 3. Кресленники деталі та заготовки для виготовлення деталі «Корпус задній». 4. Ескізи технологічних переходів процесу оброблення деталі. 5. Складальні кресленники верстатних пристроїв. 6. Стартап-проект.

7. Орієнтовний перелік публікацій Зареєструвати в Міністерстві економічного розвитку України комп'ютерну програму «Probabilistic analysis of the machining of parts».

8. Консультанти розділів дисертації\*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

9. Дата видачі завдання 10 вересня 2018 р.

#### Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
	Проаналізувати існуючі методи прогнозування точності оброблення деталей	15.09.2018 р.	
	Створити програмний продукт для статистично достовірного прогнозування точності	15.10.2018 р.	
	Розробити кресленник заготовки для виготовлення деталі «Корпус задній»	30.10.2018 р.	
	Спроекувати технологічний процес оброблення деталі «Корпус задній»	15.11.2018 р.	
	Спроекувати конструкції верстатних пристроїв	30.11.2018 р.	
	Розробити стартап-проект	15.12.2018 р.	

Студент

\_\_\_\_\_  
(підпис)

В.І.Зварич  
(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

\_\_\_\_\_  
(підпис)

В.К.Фролов  
(ініціали, прізвище)

\* Консультантом не може бути зазначено наукового керівника

## РЕФЕРАТ

Робота містить: 83 аркуші, 48 ілюстрацій, 34 таблиці, 3 додатки. При написанні роботи використано 18 літературних джерел.

*Об'єкт дослідження* – Процес прогнозування точності оброблення деталей статистичними методами.

*Мета роботи* – підвищення достовірності прогнозування точності оброблення деталей статистичними методами.

*Методи дослідження:* ідеалізація, формалізація, аналіз, синтез, індукція, комп'ютерне математичне моделювання.

В дисертації:

- розроблено програму, яка дозволяє автоматизувати обчислення при прогнозуванні точності оброблення деталей статистичними методами;
- спроектовано 3D модель деталі та її кресленик;
- проведено аналіз службового призначення та умов роботи деталі у вузлі;
- проведено короткий аналіз технологічності конструкції деталі;
- обрано спосіб виготовлення заготовки, розроблено 3D модель заготовки та її кресленик;
- обґрунтовано вибір технологічних баз для всіх операцій технологічного процесу;
- спроектовано операційний технологічний процес виготовлення деталі;
- визначено припуски для всіх обробних поверхонь заготовки;
- визначено режими різання для всіх технологічних переходів технологічного процесу;
- нормовано технологічні операції виготовлення деталі;
- розроблено технологічну документацію, яка складається з маршрутної та операційної карт та карт ескізів;
- спроектовано конструкції верстатних пристроїв та їх 3D моделі, виконано всі необхідні розрахунки по визначенню необхідної сили затиску;
- розроблено стартап-проект.

## **Практичне значення одержаних результатів**

Розроблене програмне забезпечення надає можливість автоматизувати розрахунки при прогнозуванні точності оброблення деталей статистичними методами.

**Ключові слова:** ТОЧНІСТЬ ОБРОБЛЕННЯ, СТАТИСТИЧНІ МЕТОДИ, ПРОГНОЗУВАННЯ ТОЧНОСТІ.

Під час роботи над дисертацією отримано 1 свідоцтво на право власності на твір (комп'ютерна програма, яка впроваджена у навчальний процес).

## РЕФЕРАТ

Работа содержит 83 страницы, 48 иллюстраций, 34 таблицы, 3 приложения. При написании работы использовано 18 литературных источников.

*Объект исследования* - процесс прогнозирования точности обработки деталей статистическими методами.

*Цель работы* - повышение достоверности прогнозирования точности обработки деталей статистическими методами.

*Методы исследования*: идеализация, формализация, анализ, синтез, индукция, компьютерное математическое моделирование.

В диссертации:

- разработана программа, которая позволяет автоматизировать вычисления при прогнозировании точности обработки деталей статистическими методами;
- спроектировано 3D модель детали и ее чертеж;
- проведен анализ служебного назначения и условий работы детали в узле;
- проведен краткий анализ технологичности конструкции детали;
- выбран способ изготовления заготовки, разработаны 3D модель заготовки и ее чертеж;
- обоснован выбор технологических баз для всех операций технологического процесса;
- спроектирован операционный технологический процесс изготовления детали;
- определены припуски для всех обрабатываемых поверхностей заготовки;
- определены режимы резания для всех технологических переходов технологического процесса;
- нормированы технологические операции изготовления детали;

- разработана технологическая документация, состоящая из маршрутной и операционной карт и карт эскизов;
- спроектированы конструкции станочных приспособлений и их 3D модели, выполнены все необходимые расчеты по определению необходимой силы зажима;
- разработан стартап-проект.

### **Практическое значение полученных результатов**

Разработанное программное обеспечение позволяет автоматизировать расчеты при прогнозировании точности обработки деталей статистическими методами.

**Ключевые слова:** ТОЧНОСТЬ ОБРАБОТКИ, СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ, ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ.

Во время работы над диссертацией получено 1 свидетельство на право собственности на произведение (компьютерная программа, которая внедрена в учебный процесс).

## ABSTRACT

The work contains 83 pages, 48 illustrations, 34 tables, 3 applications. When writing the work used 18 literary sources.

*The object of study* is the process of predicting the accuracy of processing parts by statistical methods.

*The aim of the work* is to increase the reliability of predicting the accuracy of processing parts by statistical methods.

*Research methods*: idealization, formalization, analysis, synthesis, induction, computer mathematical modeling.

In the thesis:

- a program has been developed that allows automating calculations when predicting the accuracy of machining parts by statistical methods;
- a 3D model of the part and its drawing was designed;
- an analysis of the service purpose and working conditions of the part in the assembly was carried out;
- a brief analysis of the technological design of the part;
- a method for manufacturing a blank was selected, a 3D model of the blank and its drawing were developed;
- justified the choice of technological bases for all operations of the technological process;
- an operational process for manufacturing a part has been designed;
- The allowances for all machined surfaces of the workpiece were determined;
- identified cutting conditions for all technological transitions of the process;
- technological operations for manufacturing the part are normalized;
- technological documentation was developed, consisting of route and operational maps and thumbnail maps;
- designed constructions of machine tools and their 3D models, performed all the necessary calculations to determine the required clamping force;



- developed a startup-project.

### **The practical significance of the results**

The developed software allows you to automate calculations when predicting the accuracy of processing parts by statistical methods.

**Key words:** TREATMENT ACCURACY, STATISTICAL METHODS, PREDICTION OF ACCURACY.

While working on the thesis, 1 certificate of title to the work was obtained (a computer program that is embedded in the educational process).

# ЗМІСТ

## ВСТУП

### 1 Аналіз прогнозування точності оброблення деталей статистичними методами

1.1	Закон розподілу похибок механічної обробки	7
1.1.1	Нормальний закон розподілу	7
1.1.2	Закон розподілу ексцентриситету	11
1.2	Програмний продукт «Probabilistic analysis of the machining of parts»	13

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1	Аналіз службового призначення деталі та умов її роботи в вузлі	25
2.1.1	Аналіз конструктивних особливостей та класифікація деталі	25
2.1.2	Аналіз умов роботи деталі в вузлі	26
2.1.3	Аналіз вибраного конструкційного матеріалу	27
2.2	Визначення типу виробництва та аналіз його впливу на завдання технологічного підготовки виробництва	27
2.3	Короткий аналіз технологічності конструкції деталі	27
2.4	Проектування конструкції заготовки	27
2.4.1	Визначення виду та способу виготовлення заготовки	27
2.4.2	Визначення виду та способу виготовлення заготовки	27
2.5	Проектування операційного технологічного процесу виготовлення деталі	30
2.6	Короткий опис вибору верстатного обладнання	39
2.7	Визначення припусків для технологічних переходів оброблення поверхонь заготовки	41
2.7.1	Визначення припусків розрахунково-аналітичним методом	45
2.7.2	Визначення припусків аналоговими методами	50
2.8	Визначення режимів різання	
2.8.1	Визначення режимів різання розрахунково-аналітичним методом	52
2.8.2	Визначення режимів різання аналоговими методами	
2.9	Нормування технологічних операцій	55
2.9.1	Розрахунок поштучного часу для операції	57
2.9.2	Нормування аналоговими методами	59

## 3 ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНИХ ПРИСТРОЇВ

3.1	Розроблення і розрахунок конструкцій верстатних пристроїв	65
3.1.1	Вихідні дані для розроблення конструкцій верстатних пристроїв	64
3.1.2	Послідовність розроблення конструкцій верстатних пристроїв	64
3.2	Теоретичні та методичні основи проектування верстатних пристроїв	65

3.2.1	Розрахунок похибок базування	66
3.2.2	Визначення похибок закріплення верстатного пристрою	66
3.2.3	Послідовність проектного розрахунку верстатного пристрою	67
3.3	Розрахунок затискних систем верстатних пристроїв	68
3.3.1	Розрахунок необхідної сили затиску Q	70
3.3.2	Розрахунок силових механізмів пристроїв	72
4. РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ		
4.1	Опис ідеї проекту	73
4.2	Технологічний аудит ідеї проекту	73
4.3	Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту	73
4.4	Розроблення ринкової стратегії проекту	73
4.5	Розроблення маркетингової програми стартап-проекту	76
4.6	Висновки по розділу	
ЛІТЕРАТУРА		
5 ДОДАТКИ		
		84
5.1	Технологічні карти	
5.1.1	Маршрутні карти	
5.1.2	Операційні карти	
5.2	Специфікації	
5.3	Свідоцтва про реєстрацію авторських прав на твір	

## ВСТУП

Машинобудування є основною галуззю промисловості України і визначає технічний прогрес країни, впливає на збільшення її матеріально-технічної бази.

Технологія машинобудування це наука про виготовлення машин потрібної якості, кількості, яка встановлена виробничою програмою і в задані терміни із найменшими витратами.

Розвиток машинобудівного виробництва повинен здійснюватися в результаті удосконалення технології. Вдосконалення сучасних технологічних процесів оброблення іде йде шляхом підвищення швидкості оброблення, скорочення часу на допоміжні операції, автоматизації машинобудівного виробництва, від проектування до контролю готового виробу. Варто зазначити, що проектування раціональних технологічних процесів має складатися з розв'язання великого комплексу взаємозв'язаних задач по забезпеченню установлених технологічними вимогами точності виробів і необхідного рівня економічних показників виробництва.

В машинобудуванні важливим чинником розвитку виробництва є технічне переозброєння, модернізація засобів виробництва на основі застосування сучасних досягнень науки та техніки: впровадження прогресивних методів обробки, використанням високопродуктивних верстатів з ЧПУ, високопродуктивного ріжучого інструменту, новітніх матеріалів.

# **1 Аналіз та прогнозування точності оброблення деталей статистичними методами**

Забезпечення точності механічного оброблення деталей за рахунок зменшення похибок є однією з найважливіших задач інженера-технолога. Однак більшість похибок є неконтрольованими, адже носять випадковий характер. Випадкові виробничі похибки виникають під дією різних факторів впливу(неоднорідності матеріалів, відхилень параметрів оснащення, коливань технологічних режимів оброблення, неточності вимірів тощо). За таких умов попередню оцінку якості виготовленої продукції проводять за допомогою методів статистичного аналізу [1].

## **1.1 Закон розподілу похибок механічної обробки**

Найповнішою характеристикою випадкових величин є закон її розподілу, який являє собою будь-яке співвідношення, що встановлює зв'язок між можливими значеннями випадкової величини й відповідними їм ймовірностями.

Найпростішими формами задання закону розподілу є табличне та графічне зображення сукупності значень випадкових величин.

Таблиця, в якій усі випадкові величини розміщуються у зростаючому порядку із значенням їх ймовірності, називається рядом розподілу.

Графічне зображення цього ряду називається поліномом розподілу ймовірностей випадкової величини.

Проте на практиці найпоширенішою є узагальнена форма задання закону розподілу за допомогою функції розподілу, що може задаватися у вигляді інтегрального або диференціального закону розподілу.

Інтегральним законом розподілу випадкової величини називають функцію  $F(x)$ , яка виявляє ймовірність того, що випадкова величина  $X$  набуде значення, меншого від даного значення  $x$ :

$$F(x) = P(X < x) \quad (1.1)$$

Із функції розподілу безпосередньо впливають її основні властивості :  
 $F(x)$  - неспадна функція аргументу значення якої міститься в інтервалі  
 $0 \leq F(x) \leq 1$ ;

$F(x) = 0$  за всіх  $x \leq x_{\min}$  ( $x_{\min}, x_{\max}$  - відповідно мінімальне та максимальне значення досліджуваної випадкової величини  $X$ ). [1]

### 1.1.1 Нормальний закон розподілу

Для описування великої кількості випадкових величин, що зустрічаються у практиці, використовують нормальний закон розподілу.

Крива, що зображує щільність ймовірності неперервної випадкової величини  $X$  за нормального закону розподілу, визначається рівнянням:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot e^{-\frac{(x - m_x)^2}{2 \cdot \sigma^2}} \quad (1.2)$$

де  $f(x)$  - щільність ймовірності ;  $X$  - змінна випадкова величина ( $-\infty < x < +\infty$ );  $m_x, \sigma$  - параметри нормального закону розподілу, що характеризують відповідно математичне сподівання випадкової величини й її середнє квадратичне відхилення.

Ця крива одномодальна, симетрична відносно вертикалі, що проходить через точку  $x = m_x$  осі абсцис, і досягає в ній максимуму

$$f(x_{\max}) = f(m_x) = \frac{0,3989}{\sigma}.$$

Через це медіана  $Me(X)$  і мода  $Mo(X)$  випадкової величини  $X$  повністю збігаються з її математичним сподіванням  $E(X) = m_x$ , коефіцієнти асиметрії  $\gamma_1(X)$  та ексцесу  $\gamma_2(X)$  дорівнюють нулю; відхилення випадкової величини  $X$  від центра групування  $m_x$  рівномірності, якщо  $|x_1| = |x_2|$ , тобто  $P(x_1) = P(x_2)$ ; зі збільшенням відхилення випадкової величини  $X$  знижується ймовірність її появи, тобто  $P(x_3) < P(x_2)$ , якщо  $|x_3| > |x_2|$ .

Зміна параметрів  $m_x$  та  $\sigma$  випадкової величини  $X$  впливає на положення й форму кривої нормального розподілу. Так, якщо зі зміною  $m_x$  крива зміщується вздовж осі абсцис, не змінюючи своєї форми, то зі зміною  $\sigma$  змінюється форма кривої, а положення її залишається сталим.

Інтегральна функція нормального закону розподілу у загальному вигляді виражається:

$$F(x) = \int_{-\infty}^x f(x) dx = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot \int_{-\infty}^x e^{-\frac{(x-m_x)^2}{2 \cdot \sigma^2}} dx \quad (1.3)$$

Випадкова величина  $X$  у цих умовах може набути будь-якого значення в межах  $\pm\infty$ , то ймовірність такої надійної події:

$$P(-\infty < x < +\infty) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\frac{(x-m_x)^2}{2 \cdot \sigma^2}} dx = 1 \quad (1.4)$$

Ймовірність появи випадкової величини  $X$  у будь-якому іншому інтервалі  $(x_1, x_2)$  менша за одиницю й становить:

$$P(x_1 < x < x_2) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\frac{(x-m_x)^2}{2 \cdot \sigma^2}} dx = 1 \quad (1.5)$$

Розв'язуючи це рівняння, отримаємо:

$$P(x_1 < x < x_2) = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi}} \left[ \int_0^{z_2} e^{-\frac{z^2}{2}} dz - \int_0^{z_1} e^{-\frac{z^2}{2}} dz \right] = F(z_2) - F(z_1) \quad (1.6)$$

де  $z = \frac{x-m_x}{\sigma}$  - нова змінна;  $z_1, z_2$  - нові межі інтегрування;

$$P(z) = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi}} \int_0^z e^{-\frac{z^2}{2}} dz - \text{нормована функція Лапласа.}$$

Оскільки теоретична зона розсіювання випадкової величини  $X$  лежить у межах  $\pm\infty$ , то для практичного використання закону нормального розподілу її обмежують трисигмовою границею, бо ймовірність появи випадкової величини поза вказаних інтервалів не перевищує 0,27%. [1]

### 1.1.2 Закон розподілу ексцентриситету

Розподіл невід'ємних випадкових величин, що є геометричною сумою двох випадкових величин, тобто  $R = \sqrt{X^2 + Y^2}$ , кожна з яких підпорядкована нормальному розподілу з параметрами  $E(X)=E(Y)=0$  і  $\sigma(X)=\sigma(Y)=\sigma_0$ , описується законом ексцентриситету. Цей закон часто використовується за



технологічних досліджень, оскільки йому підпорядковане розсіювання похибок геометричної точності (овальність, конусність) і взаємного розміщення поверхні (ексцентриситет, різностінність, непаралельність, перпендикулярність, тощо).

Щільність ймовірності розподілу ексцентриситету:

$$f(r) = \frac{r}{\sigma_0^2} e^{-\frac{r^2}{2\sigma_0^2}},$$

де  $r$  – векторні випадкові величини, що змінюються в межах від 0 до нескінченності ( $r \geq \infty$ );  $\sigma_0$  – середнє квадратичне відхилення вихідного двовимірного розподілу Гауса, тобто параметр закону Релея.

Інтегральна функція закону розподілу ексцентриситету має вигляд:

$$F(r) = 1 - e^{-\frac{r^2}{2\sigma_0^2}}.$$

Графіки нормованої щільності ймовірності і функції розподілу показано на рис. 1.1.

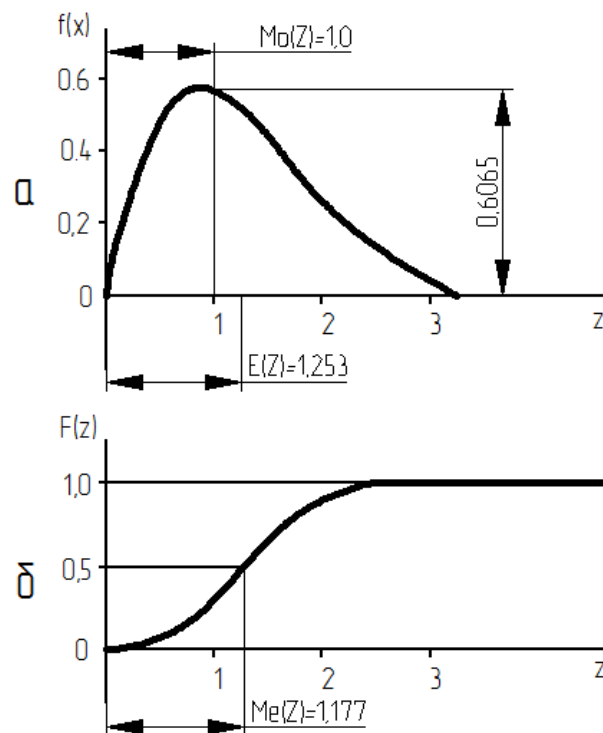


Рисунок 1.1 – Щільність ймовірності (а) та функція розподілу (б) за законом Релея

Математичне сподівання, дисперсія та середнє квадратичне відхилення для розподілу ексцентриситету:

$$E(r) = \sqrt{\frac{\pi}{2}} \sigma_0 = 1,253,$$

$$\sigma_r^2 = \left(2 - \frac{\pi}{2}\right) \sigma_0^2 = 0,429 \sigma_0^2,$$

$$\sigma(r) = \sqrt{D(r)} = 0,655 \sigma_0.$$

Поле розсіювання досліджуваної випадкової величини при розподіл за законом ексцентриситету обчислюється так:

$$\Delta_p = Z_q \sigma_0,$$

$$\text{де } Z_q = \sqrt{-2 \ln(1 - q)},$$

$q$  – прийнята надійна ймовірність.

## **1.2 Програмний продукт «Probabilistic analysis of the accuracy of machining of parts»**

Розрахунок статистичних характеристик точності оброблення деталей за отриманими експериментальними даними без відповідного програмного забезпечення є громіздким, малопродуктивним та не гарантує відсутності помилок.

Метою даної роботи є автоматизація процесу розрахунків при визначенні статистичних характеристик точності оброблення деталей.

Пропонується виконувати такі розрахунки за допомогою програмного продукту Visual Studio 2017, розробленого з використанням мови C#. Програма забезпечує легкість розрахунків, має простий та зрозумілий інтерфейс.

Для початку роботи з програмою необхідно ввести ідентифікаційні дані (прізвище та ініціали) це поле позначено 1 на рисунку 1.2.



Рисунок 1.2 –Інтерфейс програми «Probabilistic analysis of the accuracy of machining of parts»

Далі необхідно ввести вихідні дані:

- дійсні розміри партії деталей (15-25 шт.) це поле позначено 2 на рисунку 1.2;
- граничні розміри деталі  $D_{min}$  та  $D_{max}$  це поле позначено 3 на рисунку 1.2.
- тип оброблюваної поверхні обертання, це поле позначено 4 на рисунку 1.2.

Після натискання кнопки «Розрахувати» позначено 5, це поле позначено 6 на рисунку 1.2, будуть відображені результати розрахунків, які містять:

- поле допуску  $T$ ;
- середнє арифметичне значення оброблюваного розміру  $\bar{D}$ ;
- середньоквадратичне відхилення  $S$ ;
- похибка налагодження  $\epsilon$ ;
- аналіз точності оброблення.

Графічне представлення результатів являє собою зображення дійсних розмірів деталей відносно поля допуску це поле позначено 7 на рисунку 1.2. На графіку зображено:

- поле допуску  $T$ ;
- похибки налагоджування  $\varepsilon$  ;
- придатні деталі.

Програмний продукт передбачає завантаження даних результатів вимірювань з попередньо заповненого файлу формату ТХТ. Також можливе збереження даних результатів вимірювань, результатів розрахунків, які зберігаються в форматі ТХТ, та графіку експериментальної та теоретичної кривої розподілу випадкової величини, формат збереженого зображення користувач вибирає самостійно.

Меню “Довідка” передбачає відкриття вікна “Інформації для користувача”, яке показане на рисунку 1.3 та вікна “Розрахункові формули”, яке показане на рисунку 1.4 . Передбачено меню “Очистити”, яке має три команди: “Все”- очистити все; “Вхідні дані”-очистити вхідні дані; “Результати”- очистити результати. Команди “Завантажити”, “Зберегти”, “Довідка”, “Очистити” виділено в поле 8 на рисунку 1.2.

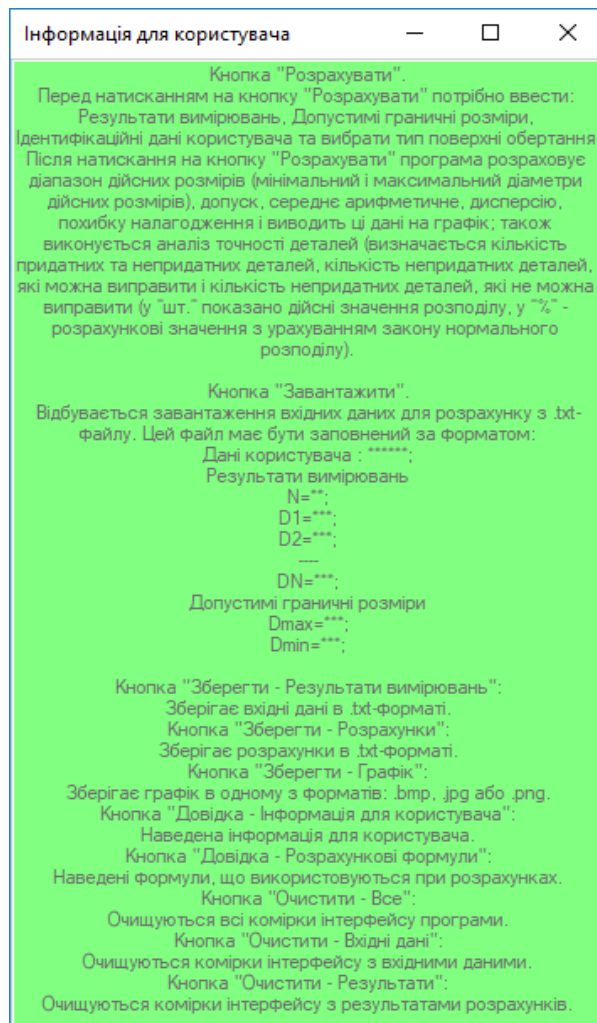


Рисунок 1.3 – Вікно “Інформація для користувача”

Розрахункові формули

$$D_{\text{dem}}^{\min} = \text{MIN}[D_i]$$

$$D_{\text{dem}}^{\max} = \text{MAX}[D_i]$$

$$T = D_{\text{гран}}^{\max} - D_{\text{гран}}^{\min}$$

$$\bar{D}_{\text{dem}} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n}$$

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (D_i - \bar{D}_{\text{dem}})^2}{n}$$

$$E_{\text{нал}} = \bar{D}_{\text{dem}} - \frac{D_{\text{гран}}^{\max} + D_{\text{гран}}^{\min}}{2}$$

Рисунок 1.4 – Вікно “Розрахункові формули”

Алгоритм програми показаний на рисунку 1.5:

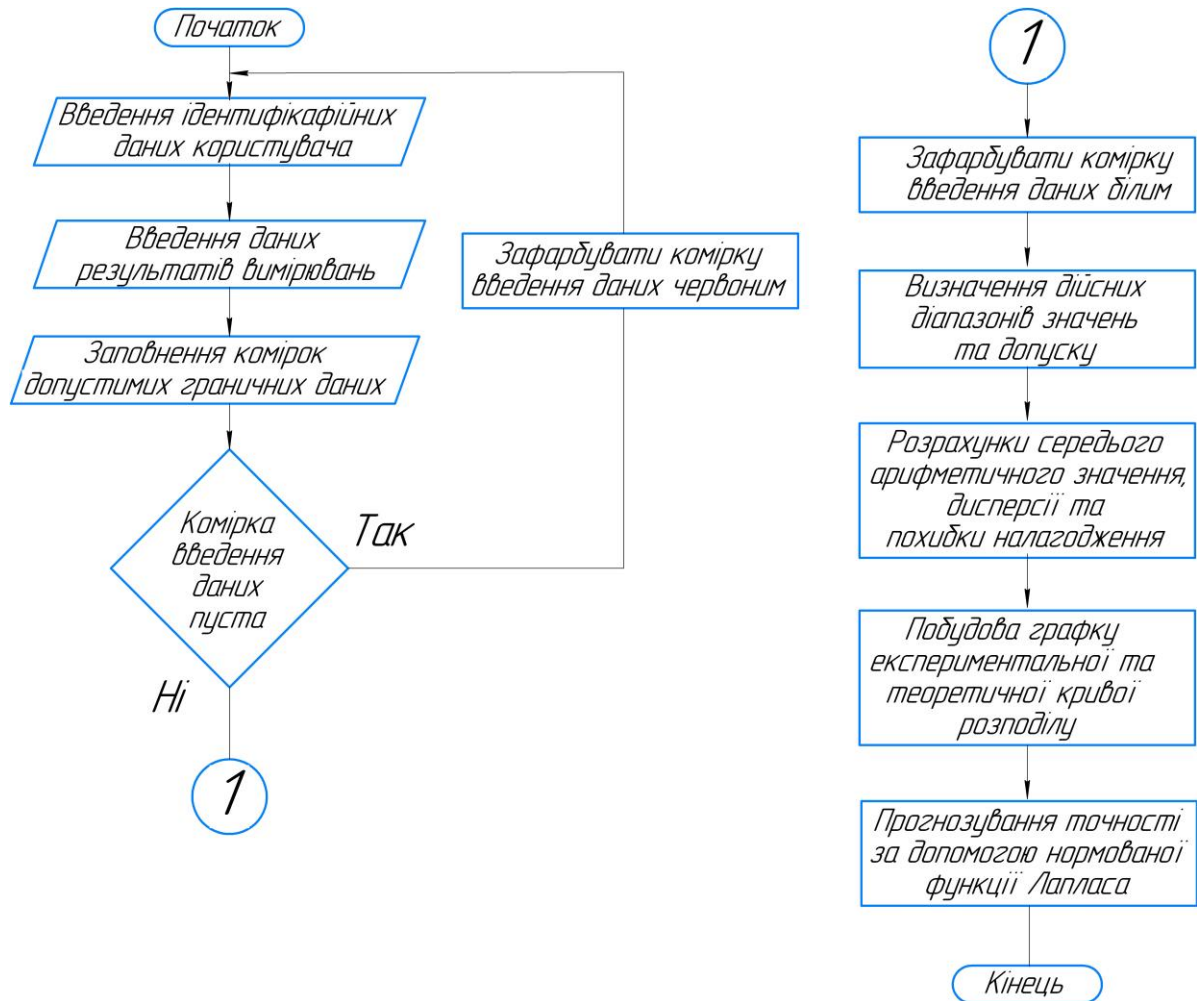


Рисунок 1.5 – Алгоритм програми

Прогнозування точності за допомогою нормованої функції Лапласа відбувається за допомогою розділення ймовірності розподілу даних результатів вимірювань та допустимих граничних розмірів на десять випадків.

1) Якщо  $D_{MIN}^i > D_{MAX}^{гран}$  то: не придатні деталі 100%(виправні).

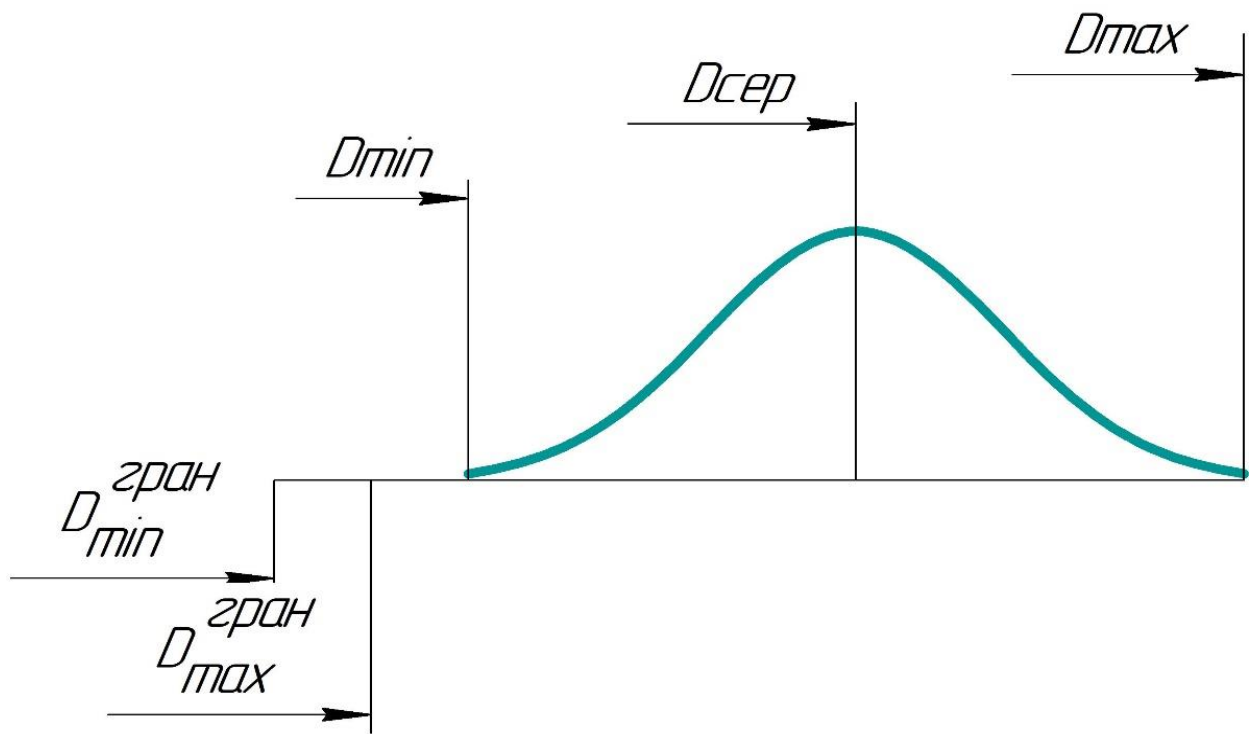


Рисунок 1.6 – Графічне зображення першого випадку

2) Якщо  $D_{MIN}^i < D_{MAX}^{гран}; D_C^i > D_{MAX}^{гран}; D_{MIN}^i > D_{MIN}^{гран}$ . то:  $\frac{D_C^i - D_{MAX}^{гран}}{\sigma} = z$

$A = f(z)$  - придатні деталі.

$B = 1 - f(z)$  - не придатні деталі(виправні).

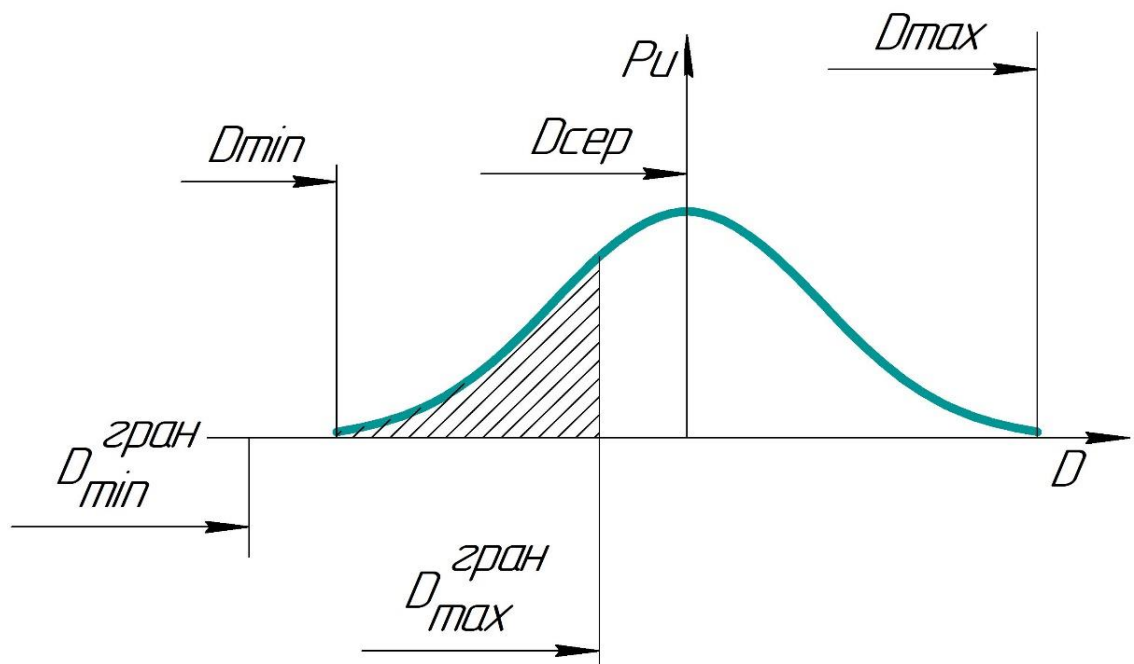


Рисунок 1.7 – Графічне зображення другого випадку

3) Якщо  $D_{MIN}^i < D_{MAX}^{гран}; D_C^i > D_{MAX}^{гран}; D_{MIN}^i < D_{MIN}^{гран}$ . то

$$\frac{D_C^i - D_{MAX}^{гран}}{\sigma} = z; \quad \frac{D_C^i - D_{MIN}^{гран}}{\sigma} = z'$$

$A = f(z')$  - не придатні деталі(невиправні);

$B = 1 - f(z)$  - не придатні деталі(виправні);

$C = A + B$  - не придатні деталі;

$D = 1 - C$  - придатні деталі.

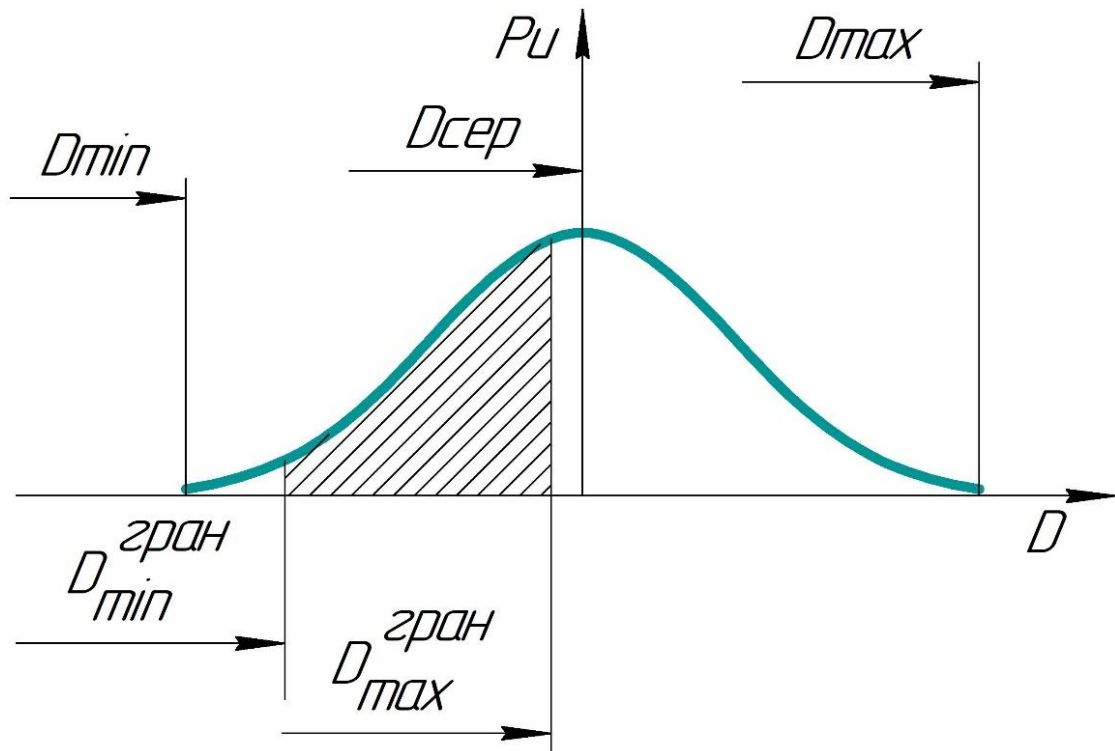


Рисунок 1.8– Графічне зображення третього випадку

4) Якщо  $D_{MAX}^{гран} > D_C^i; D_{MAX}^{гран} < D_{MAX}^i; D_{MIN}^{гран} > D_{MIN}^i; D_{MIN}^{гран} < D_C^i$ .

то  $Z = \frac{D_C^i - D_{MIN}^{гран}}{\sigma}; Z' = \frac{D_{MAX}^{гран} - D_C^i}{\sigma}$

$A = f(z)$  - не придатні деталі(невиправні);

$B = f(z')$  - не придатні деталі(виправні);

$C = A + B$  - не придатні деталі;

$D = 1 - C$  - придатні деталі.



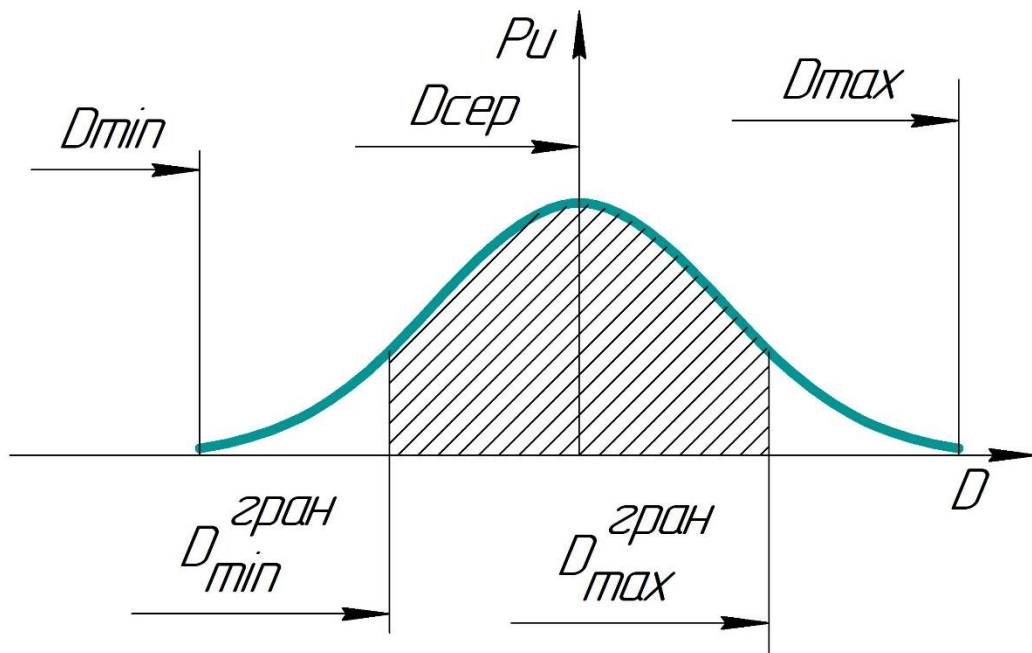


Рисунок 1.9 – Графічне зображення четвертого випадку

5) Якщо  $D_{MAX}^{gran} > D_C^i$ ;  $D_{MAX}^{gran} < D_{MAX}^i$ ;  $D_{MIN}^{gran} > D_C^i$ .

$$\text{то } Z = \frac{D_{MAX}^{gran} - D_C^i}{\sigma}; \quad Z' = \frac{D_{MIN}^{gran} - D_C^i}{\sigma}$$

$A = f(z)$  - не придатні деталі(невиправні);

$B = f(z')$  - не придатні деталі(виправні);

$C = A + B$  - не придатні деталі;

$D = 1 - C$  - придатні деталі.

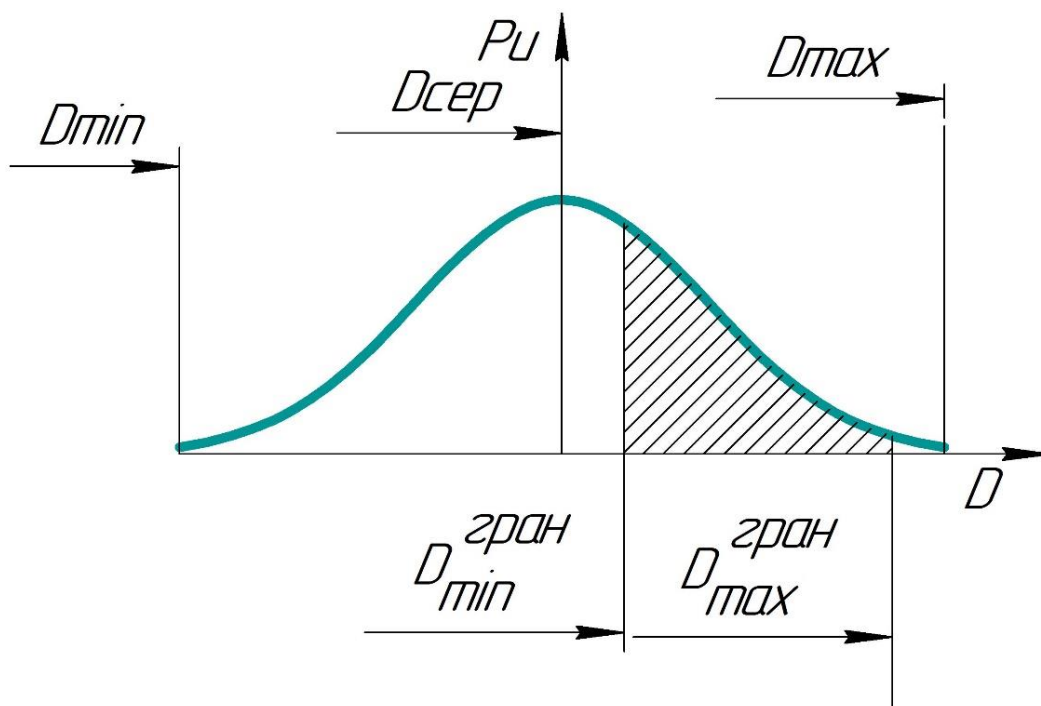


Рисунок 1.10 – Графічне зображення п'ятого випадку

б) Якщо  $D_{MAX}^{гран} > D_{MAX}^i$ ;  $D_{MIN}^{гран} > D_C^i$ ;  $D_{MIN}^{гран} > D_{MAX}^i$ .

$$\text{то } Z = \frac{D_{MAX}^{гран} - D_C^i}{\sigma}.$$

$A = f(z)$  - придатні деталі;

$B = 1 - f(z)$  - не придатні деталі(виправні);

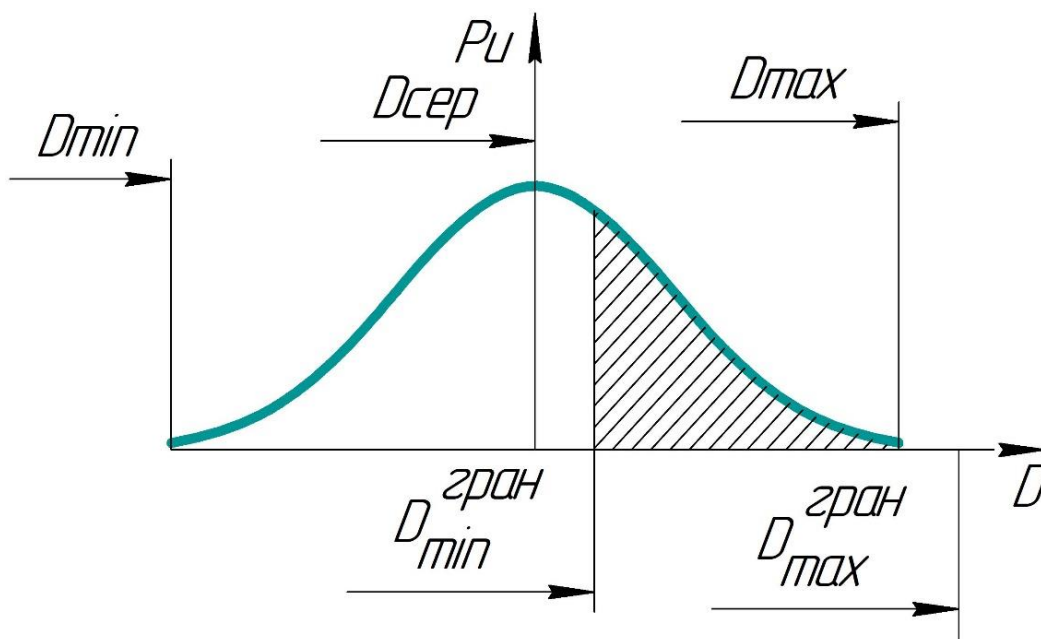


Рисунок 1.11 – Графічне зображення шостого випадку

7) Якщо  $D_{MIN}^{гран} > D_{MAX}^i$ . то: не придатні деталі 100%(не виправні).

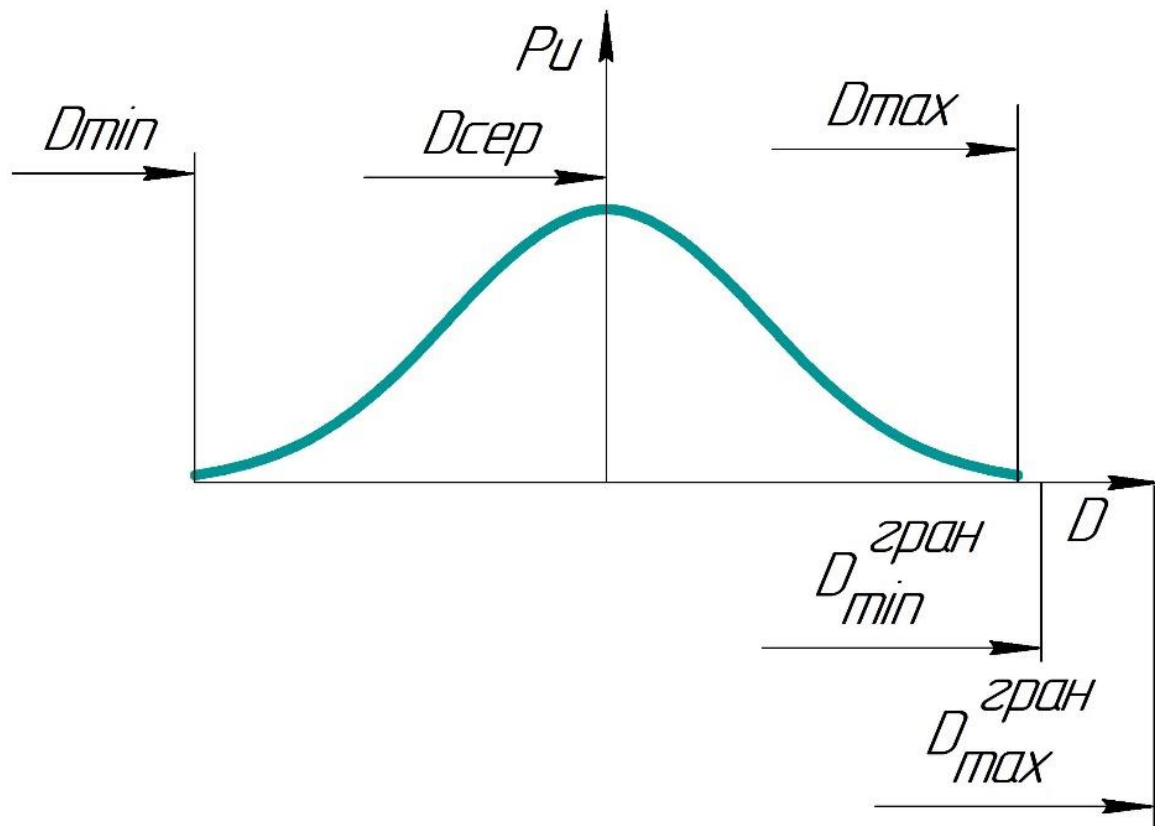


Рисунок 1.12 – Графічне зображення сьомого випадку

8) Якщо  $D_{MAX}^{гран} < D_{MAX}^i$ ;  $D_{MAX}^{гран} > D_C^i$ ;  $D_{MIN}^{гран} < D_{MIN}^i$ ;  $D_{MAX}^{гран} > D_C^i$ .

то 
$$Z = \frac{D_{MAX}^{гран} - D_C^i}{\sigma}.$$

$A = 0.5 - f(z)$  - не придатні деталі(виправні);

$B = 1 - A$  - придатні деталі.

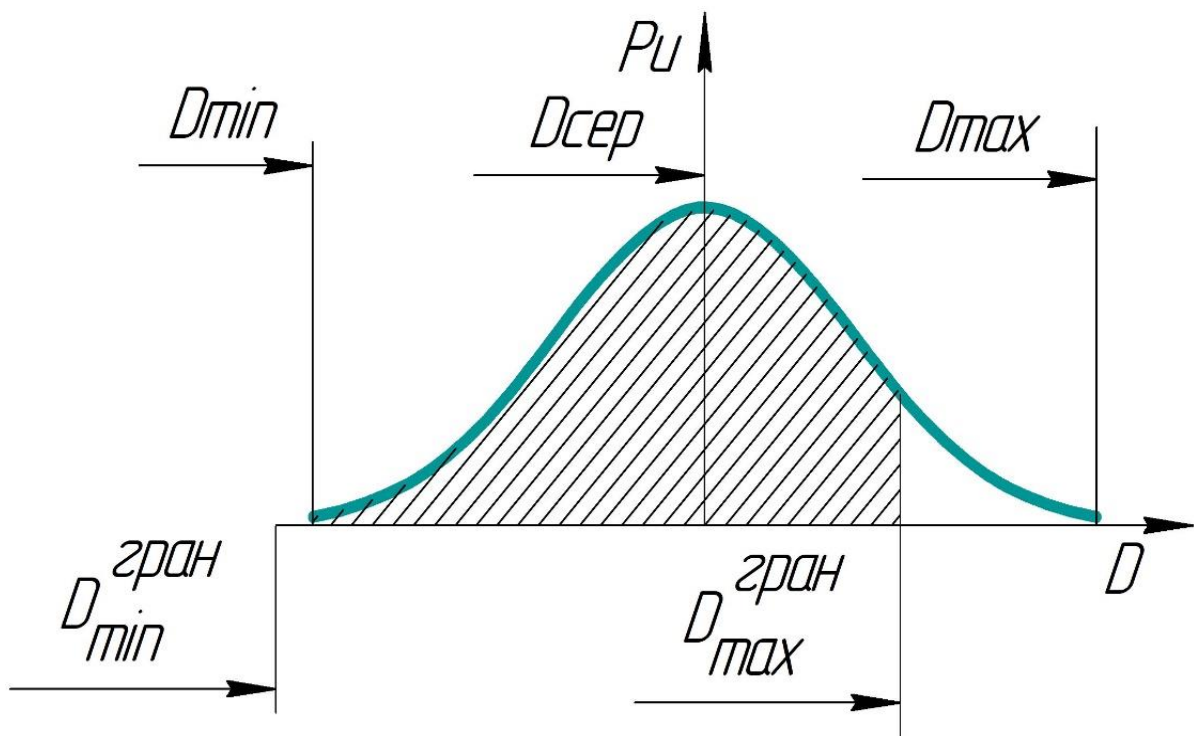


Рисунок 1.13 – Графічне зображення восьмого випадку

9) Якщо  $D_{MAX}^{гран} > D_{MAX}^i$ ;  $D_{MIN}^{гран} < D_C^i$ ;  $D_{MIN}^{гран} < D_{MIN}^i$ ;  $D_{MIN}^{гран} > D_{MIN}^i$ .

$$\text{то } Z = \frac{D_C^i - D_{MIN}^{гран}}{\sigma}.$$

$A = 0.5 - f(z)$  - придатні деталі (не виправні);

$B = 1 - A$  - придатні деталі.

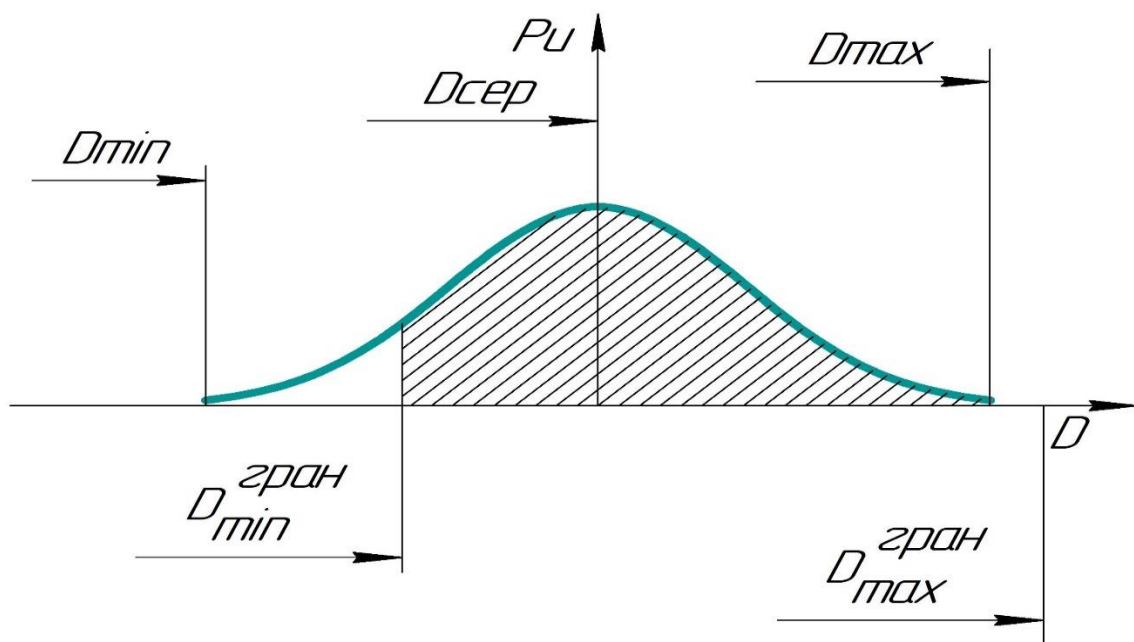


Рисунок 1.14 – Графічне зображення дев'ятого випадку

10) Якщо  $D_{MAX}^i > D_{MAX}^{гран}$ ;  $D_{MIN}^i < D_{MIN}^{гран}$  то: придатні деталі 100%.

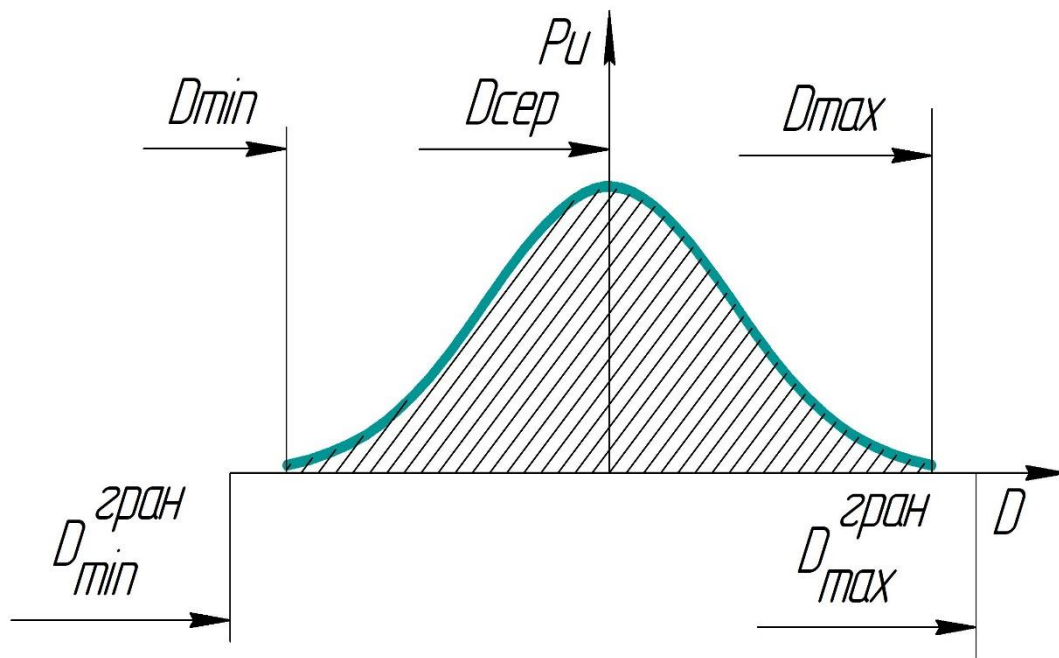


Рисунок 1.15 – Графічне зображення десятого випадку

Програму може бути впроваджена в навчальний процес для використання при обчисленні результатів лабораторної роботи з дисципліни «Технологія машинобудування». Також даний програмний продукт може використовуватися при статистичних розрахунках на підприємствах.

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 2.1 Аналіз службового призначення деталі та умов роботи її в вузлі

#### 2.1.1 Аналіз конструктивних особливостей та класифікація деталі

Кресленик деталі «Корпус задній пневматично-гідравлічного підсилювача зчеплення» має достатню кількість проекцій, перерізів та видів для повного просторового уявлення даної деталі та подальшого виконання її 3- D моделі.

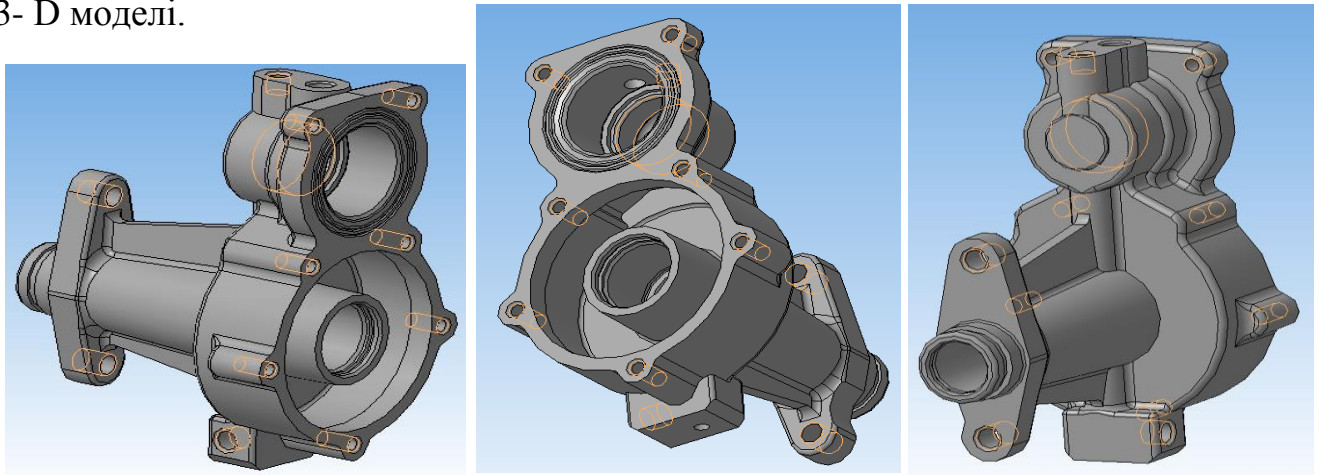


Рисунок 2.1- 3-D модель деталі «Корпус задній пневматично-гідравлічного підсилювача зчеплення»

За конструктивними ознаками «Корпус задній пневматично-гідравлічного підсилювача зчеплення» відноситься до класу корпусних деталей. В конструкції деталі передбачений фланець із двома кріпильними різьбовими отворами (M12x1,5-6H) для кріплення деталі до автомобіля. Для з'єднання з переднім корпусом пневматично-гідравлічний підсилювач у даній деталі передбачено сім кріпильних різьбових отворів (M8-6H), а точне позиціонування переднього корпусу забезпечує точний отвір ( $\text{Ø}100^{+0,07}$ ). Різьбовий отвір (M39x1,5-6H) призначений для закріплення гільзи слідкуючого поршня вузла. Отвір ( $\text{Ø}28^{+0,045}$ ) призначений для переміщення в ньому поршня виключення зчеплення, а отвір ( $\text{Ø}38^{+0,039}$ ) – для розміщення в ньому корпусу ущільнювача поршня. Різьбовий отвір (M10x1,25-6H) та конічний різьбовий отвір (КГ 1/4" 0,4 025 199-64) слугують відповідно для закріплення перепускного клапана та сапуна.

Матеріал деталі – сірий чавун СЧ-25 ГОСТ 1412-85. Маса деталі складає 3,86кг. Вимоги до точності робочих поверхонь узгоджені з вимогами до параметрів шорсткості.



### 2.1.2 Аналіз умов роботи деталі в вузлі

Принцип роботи вузла:

Пневматично-гідравлічний підсилювач закріплений на картері зчеплення з правого боку силового агрегату. Корпус підсилювача складається з двох частин. Передня 14 частина корпусу виконана з алюмінієвого сплаву, а задня 16 - з чавуну. Між цими частинами встановлена прокладка, яка одночасно є мембраною 9 слідкуючого пристрою, розміщеного зверху.

Слідкуючий пристрій забезпечує автоматичну зміну тиску повітря на пневматичний поршень 13 в залежності від тиску в гідроприводі зчеплення. До основних частин пристрою відносяться слідкуючий поршень 6 з манжетою, впускний 11 і випускний 12 клапани (блок клапанів), мембрана 9 і пружини.

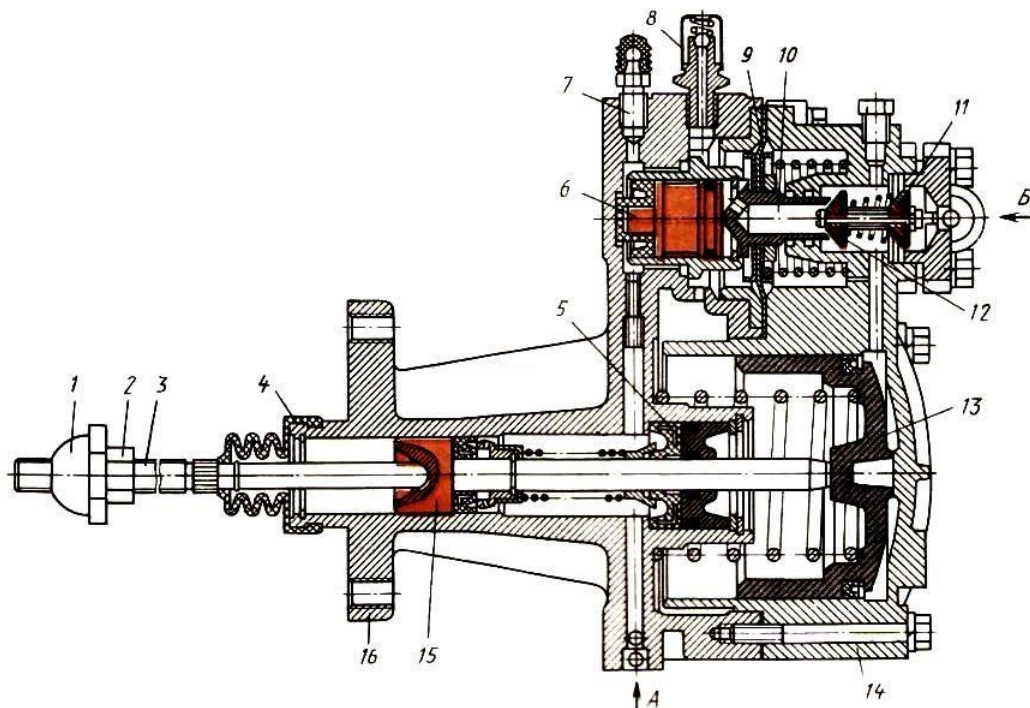


Рисунок 2.2- Пневматично-гідравлічний підсилювач зчеплення в зборі [7]

Коли педаль зчеплення відпущена (зчеплення включено), пневматичний поршень 13 і поршень 15 вимикання зчеплення знаходяться в крайньому правому (передньому) положенні (пневматичний поршень займає це положення під впливом зворотної пружини). Тиск в порожнині перед поршнем і за поршнем відповідає атмосферному. Положення поршня 15 вимикання зчеплення визначається упором його штовхача в днище пневматичного поршня. У слідкуючому пристрої при цьому випускний клапан 12 відкритий, а впускний 11 закритий.

При натисканні на педаль зчеплення робоча рідина надходить під тиском до отвору А, створюючи тиск в порожнині циліндра вимикання зчеплення і у торця слідкуючого поршня 6. Під тиском робочої рідини

слідкуючий поршень діє на блок клапанів, закриваючи випускний клапан 12 і відкриваючи впускний 11. Стиснуте повітря, що надходить по трубопроводах до отвору Б, починає надходити в пневматичний циліндр. Під тиском стисненого повітря пневматичний поршень 13 переміщується, діючи на шток поршня. В результаті на штовхач 3 поршня 15 вимикання зчеплення діє сумарне зусилля, що забезпечує повне виключення зчеплення при натисканні водієм на педаль з силою 150Н.

При відпусканні педалі тиск перед слідкуючим поршнем 6 падає, в результаті чого в слідкуючому пристрої перебивається впускний і відкривається випускний клапан. Стиснене повітря з пневматичного циліндра поступово стравлюється в атмосферу, тиск падає, рідина з гідроциліндра перетікає в головний циліндр і механізм зчеплення включається в роботу.

При відсутності стисненого повітря в пневматичній системі зберігається можливість управління зчепленням, так як виключення зчеплення може бути здійснено за рахунок тиску в гідравлічній частині підсилювача. Але при цьому зусилля педалі, створюване водієм, має бути близько 600Н. [7].

Як видно з принципу роботи вузла, «Корпус задній пневматично-гідравлічного підсилювача зчеплення» працює в умовах постійної зміни тиску, що фактично являє собою циклічні навантаження. Оскільки деталь являє собою частину вузла автомобіля, то вона зазнає впливу змінних сезонних температур, вологи та бруду, через це виникає необхідність нанесення захисних покриттів. У якості захисного покриття використовується ґрунтовка ВМЛ 160 серія ТУ 6-10-1603-86.

### 2.1.3 Аналіз вибраного конструкційного матеріалу

Деталь виготовляється з сірого чавуну СЧ25 ГОСТ1412-85. Деталі з сірого чавуну мають вищий коефіцієнт поглинання коливань при вібраціях деталей (у 2-4 рази вище, ніж в сталі) і малу чутливість до впливу зовнішніх концентраторів напруги при циклічних навантаженнях .

Сірий чавун СЧ25 має наступні фізико-механічні характеристики (табл.1.1).

Таблиця 2.1-Фізико-механічні характеристики чавуну СЧ25

Тимчасовий опір при розтягуванні, $\sigma_{\theta}$ , МПа	Твердість, НВ кгс/мм <sup>2</sup>	Густина, $\rho$ кг/м <sup>3</sup>	Масова частка елементів, %				
			C	Si	Mn	S	P
270	156-260	7200	3,2-3,4	1,4-2,2	0,7-1,0	Не більше 0,15	Не більше 0,2

## 2.2 Визначення типу виробництва та аналіз його впливу на завдання технологічного підготовки виробництва

Коефіцієнт закріплення операцій ( $K_{30}$ ) є однією з основних характеристик типу виробництва, є який визначається як відношення к-ті



всіх операцій, що виконуються або повинні виконуватись до загальної кількості робочих місць.

Для середньосерійного типу виробництва коефіцієнт, визначається діапазоном  $10 \leq K_{30} \leq 20$ . Для вирішення завдань технологічного підготовки виробництва, приймаємо величину коефіцієнта  $K_{30} = 12$ .

### **2.3 Короткий аналіз технологічності конструкції деталі**

Аналіз технологічності деталі «Корпус задній пневматично-гідравлічного підсилювача зчеплення» дозволяє зробити висновок, що дана деталь загалом технологічна, проте є деякі зауваження:

- Конструкція деталі забезпечує вільний доступ різального інструменту, проте наявність канавок складної форми обумовлює використання великої кількості фасонного різального інструменту.
- Форма наскрізного ступінчастого отвору ускладнює його оброблення за одну установку.
- Малий діаметр отвору ( $\varnothing 1,8$ ) та його розташування обумовлюють використання спеціального різального інструменту.
- Ускладнюється оброблення отвору ( $\varnothing 6$ ) через велику глибину свердління та перетин його з отвором ( $\varnothing 30$ ).

Вільний доступ вимірювального інструменту, конструкція деталі забезпечує.

### **2.4 Проектування конструкції заготовки**

#### **2.4.1 Визначення виду та способу виготовлення заготовки**

Вибір виду та способу виготовлення заготовки визначає величину припусків для оброблення поверхонь, особливості видалення поверхневих шарів матеріалу на етапі чорнового оброблення, величину залишкових напружень, які будуть вимагати включення в технологічний процес операцій термічного оброблення для їх зменшення та вирівнювання в поперечних перерізах робочих поверхонь.

В сучасному машинобудівному виробництві освоєні технологічні процеси виготовлення заготовок наступними видами:

- литтям;
- пластичним деформуванням;
- відділенням (відрізанням або вирізанням) від стандартного сортового прокату (прутків, плит, листів, складних профілів);
- методами порошкової металургії;

комбінованими методами, коли окремі частини заготовки виготовляються. Найчастіше при виборі методу необхідно в першу чергу враховувати матеріал деталі та її призначення.

В даному випадку матеріал заготовки чавун СЧ25 ГОСТ 1412-85, що має ливарні властивості, тому заготовку будемо одержувати литтям. Виливки можна виготовляти у піщано-глинистих, оболонкових формах, кокілях, за моделями, які виплавляються, тощо.

Приймаємо спосіб виготовлення литтям в піщано-глинисті форми.

#### 2.4.2 Проектування конструкції заготовки у відповідності до стандартів

Для остаточно прийнятого способу виготовлення виливка литтям у піщані форми з машинним формуванням за металевими моделями згідно з ГОСТ 26643-85 призначаємо:

1. Технологічний процес лиття – лиття у піщано-глинисті сирі форми з високо вологих ( більше 4,5 %) низько міцних ( до 60кПа або 0,6кгс/см<sup>2</sup>) сумішей з низьким рівнем ущільнення до твердості нижчої 70 одиниць;

2. При визначенні ступеня жолоблення елементів виливка враховуємо, що виливок не має тонких та довгих елементів, схильних до жолоблення, представляє собою жорстку конструкцію з відношенням найменшого розміру до найбільшого (товщини або висоти до довжини елемента виливка), яке (приблизно за розмірами деталі) дорівнює  $55/134=0,41$ ; приймаємо ступінь жолоблення елементів виливка – 4;

3. Ступінь точності поверхонь виливків - 15;

4. Шорсткість поверхонь виливків  $Ra = 50\text{мкм}$ ,

5. Клас точності маси виливків – 11;

6. Ряд припусків на оброблення виливка - 8;

7. Згідно з ГОСТ 26645-85 точність виливка позначається: 11-4-15-11 ГОСТ26645-85.

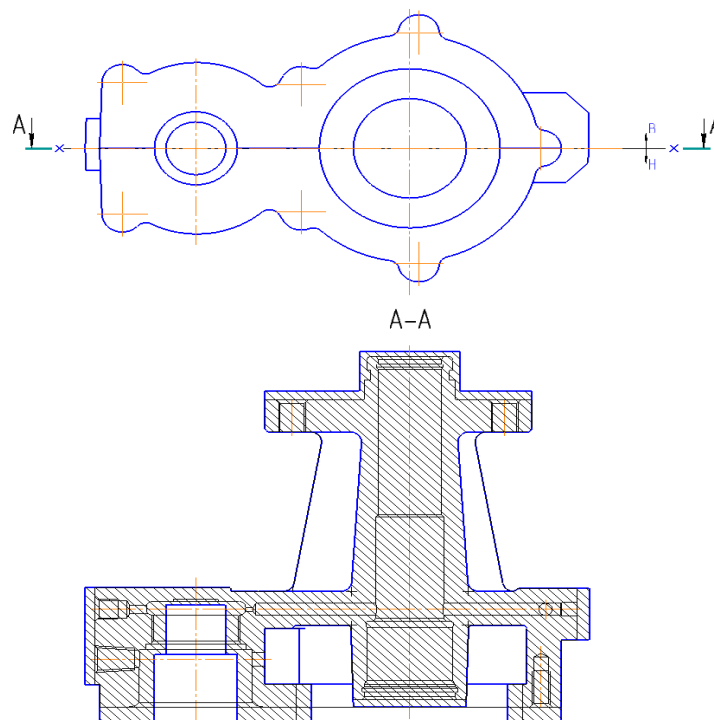
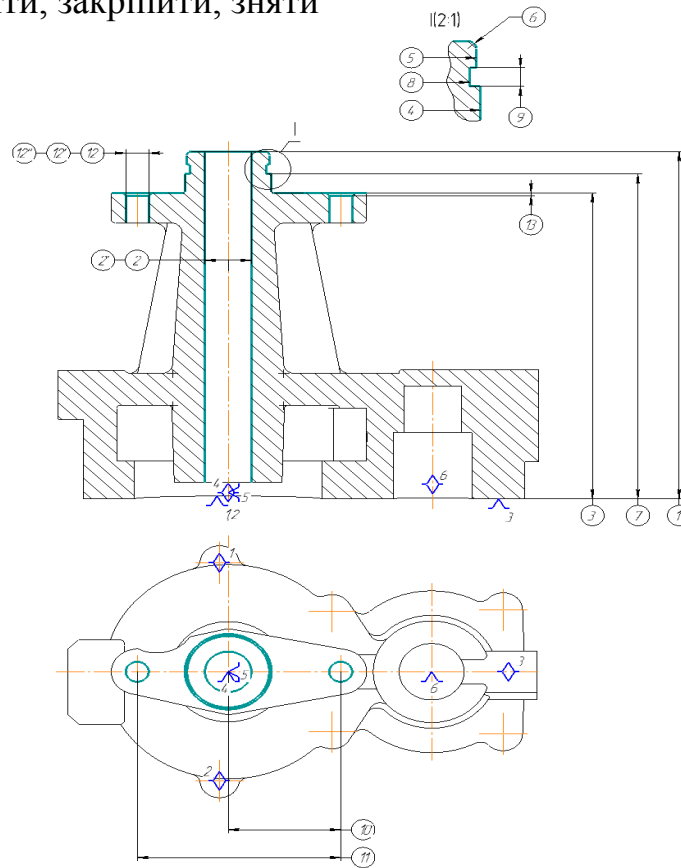


Рисунок 2.3- Ескіз заготовки

## 2.5 Проектування операційного технологічного процесу виготовлення деталі

### 005 Багатоцільова з ЧПУ верстат HAAS UMC-750

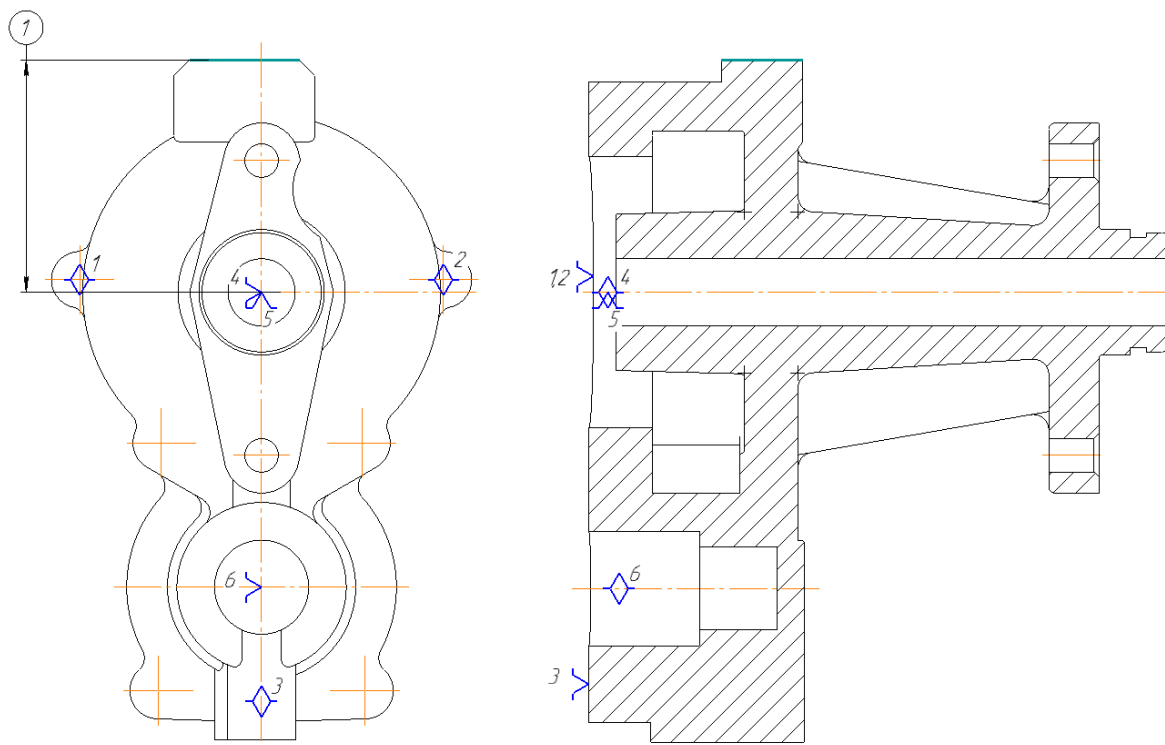
А. Установити, закріпити, зняти



- 005.01 Фрезерувати поверхню Д14 остаточно, витримуючи розмір 1;
- 005.02 Фрезерувати поверхні О1 та Д13 попередньо одночасно, витримуючи розміри 3, 4;
- 005.03 Фрезерувати поверхню Д9 остаточно, витримуючи розміри 7, 5;
- 005.04 Фрезерувати канавку Д19 остаточно, витримуючи розміри 8, 9;
- 005.05 Фрезерувати фасонну поверхню остаточно, витримуючи розміри 6, (5);
- 005.06 Центрувати положення вісі отвору Д7;
- 005.07 Центрувати положення вісі отворів О2 та О3 послідовно, витримуючи розміри 10, 11;
- 005.08 Свердлити отвір Д7 попередньо, витримуючи розмір 2;
- 005.09 Розсвердлити отвір Д7 попередньо, витримуючи розмір 2';
- 005.010 Свердлити 2 отвори О2, О3 послідовно остаточно, витримуючи розміри 10, 12; 11, 12;
- 005.11 Зенкерувати 2 отвори О2, О3 послідовно остаточно, витримуючи розміри 10, 12'; 11, 12';
- 005.12 Зенкувати 2 фаски отворів О2, О3 послідовно остаточно, витримуючи розміри 7, (10), 7, (11);

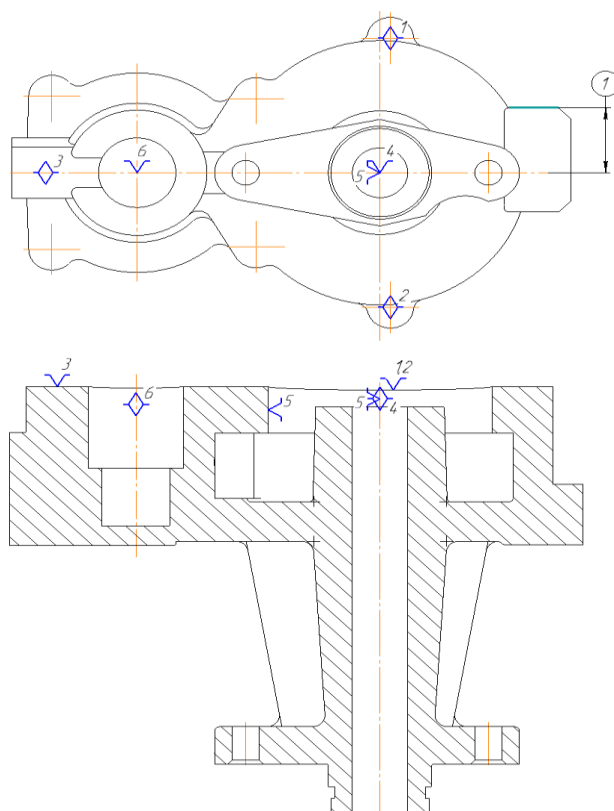
005.13 Розвернути 2 отвори O2, O3 послідовно остаточно, витримуючи розміри 12", (10), 12", (11).

Б. Повернути поворотний стіл навколо горизонтальної осі на  $90^\circ$ , повернути поворотний стіл навколо вертикальної осі на  $90^\circ$



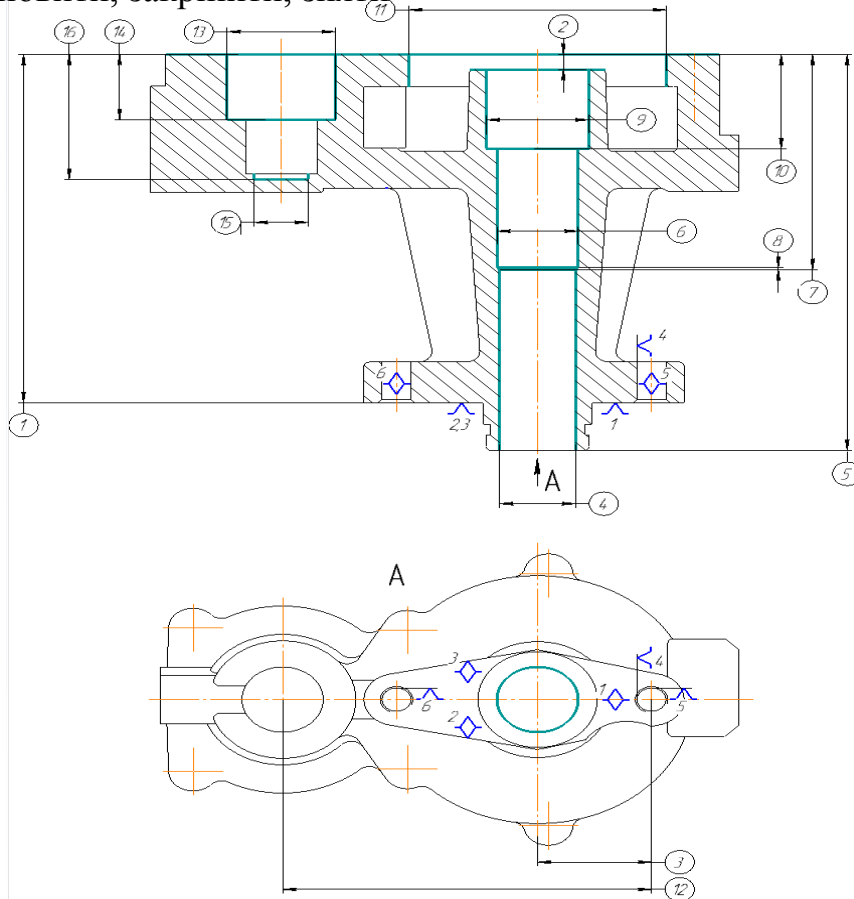
005.14 Фрезерувати поверхню Д11 остаточно, витримуючи розмір 1;

В. Повернути поворотний стіл навколо вертикальної осі на  $90^\circ$



005.15 Фрезерувати поверхню Д12 остаточно, витримуючи розмір 1;  
**010 Багатоцільова з ЧПУ верстат HAAS UMC-750**

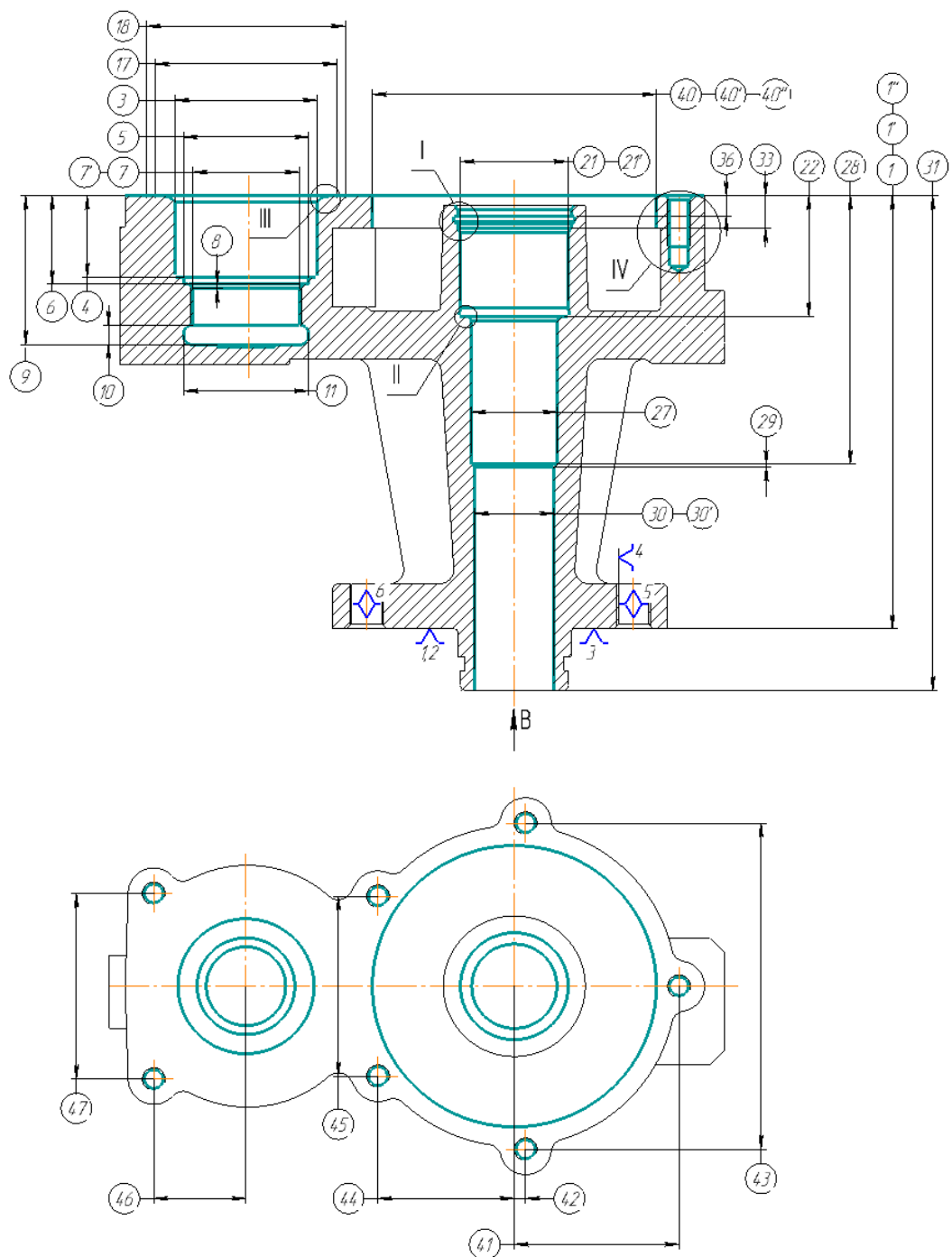
А. Установити, закріпити, зняти

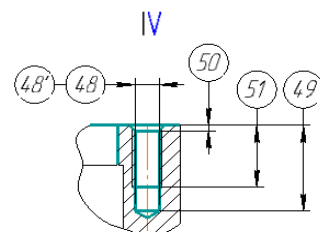
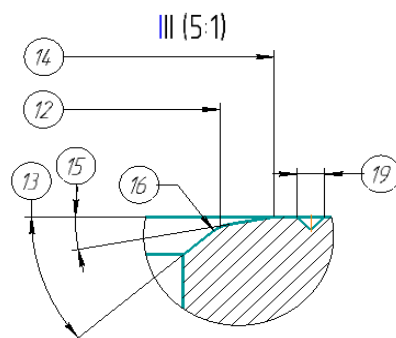
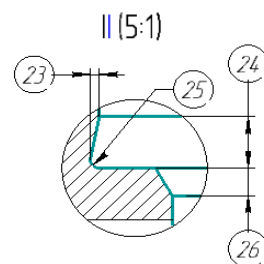
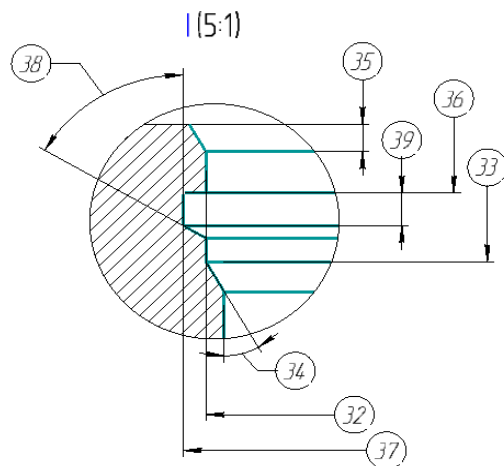
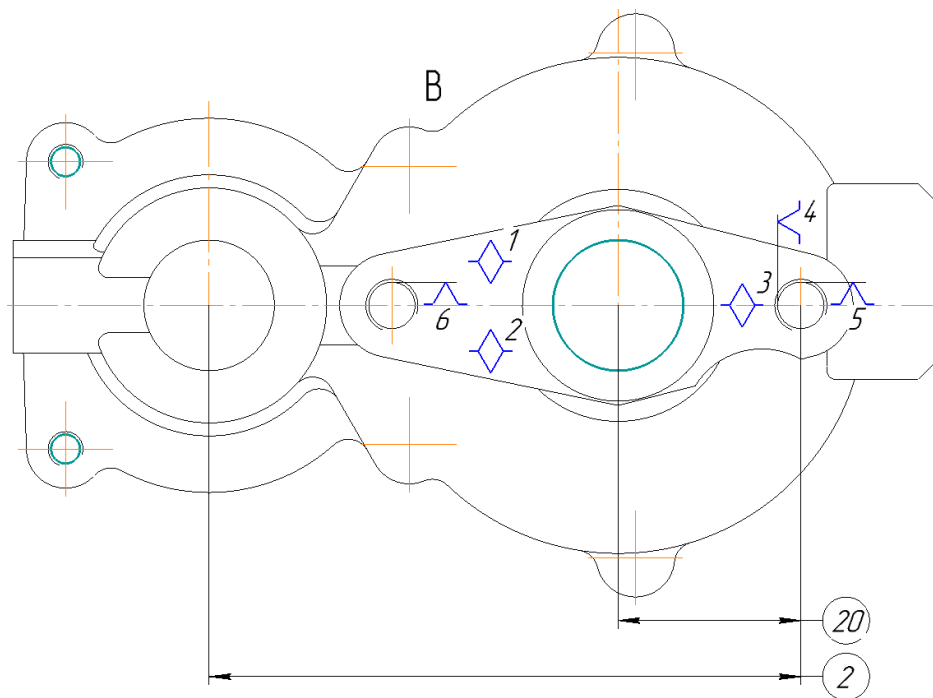


- 010.01 Фрезерувати поверхню Д1 попередньо, витримуючи розмір 1;
- 010.02 Фрезерувати поверхню В24 остаточно, витримуючи розмір 2;
- 010.03 Розточити поверхню Д7 попередньо витримуючи розмір 3, 5, 4;
- 010.04 Розточити поверхню Д6 попередньо витримуючи розмір 3, 7, 6, 8;
- 010.05 Розточити поверхню Д5 попередньо витримуючи розмір 3, 10, 9;
- 010.06 Розточити поверхню Д2 попередньо, витримуючи розмір 3, 11;
- 010.07 Розточити поверхню Д3 попередньо, витримуючи розмір 12, 13, 14;
- 010.08 Фрезерувати поверхню Д4 остаточно, витримуючи розмір 12, 15, 16;

## 015 Багатоцільова з ЧПУ верстат HAAS UMC-750

А. Установити, закріпити, зняти





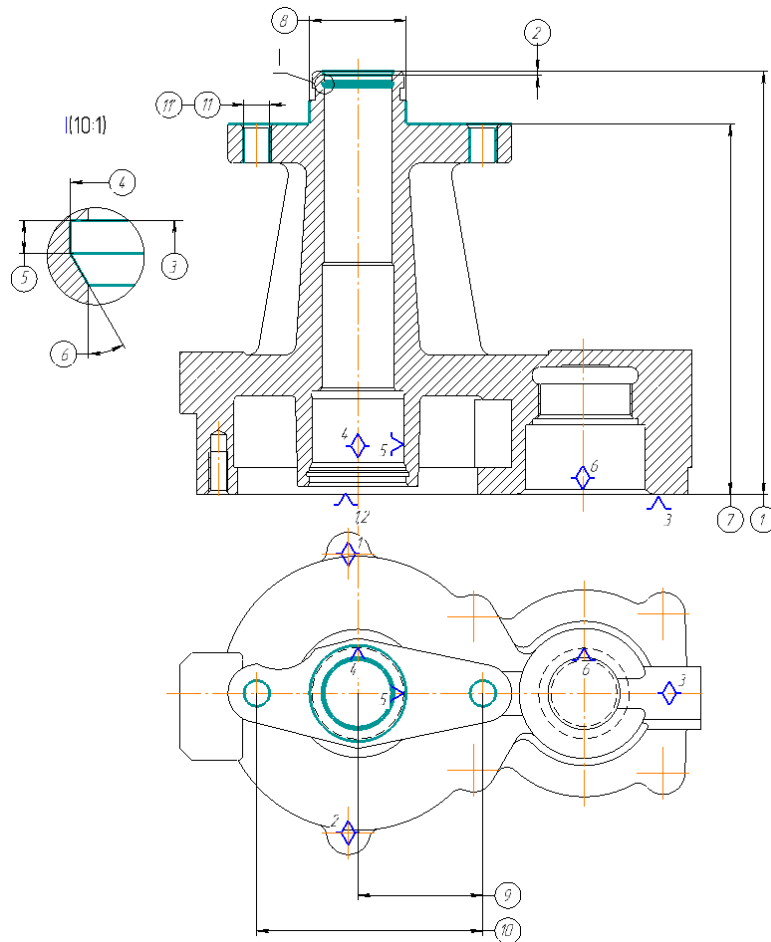
- 015.01 Фрезерувати поверхню Д1 попередньо, витримуючи розмір 1;  
 015.02 Фрезерувати поверхню Д1 попередньо, витримуючи розмір 1';  
 015.03 Розточити поверхню Д3 остаточно, витримуючи розміри 2, 3, 4;  
 015.04 Точити фаски В19 і В20, витримуючи розмір 2, 12, 13, 14, 15, 16;  
 015.05 Розточити поверхню В25 остаточно, витримуючи розміри 2, 5, 6;  
 015.06 Розточити поверхню К1 остаточно, витримуючи розміри 2, 7, (9), (10)  
 ;  
 015.07 Точити фаску, витримуючи розмір 8;

- 015.08 Розточити поверхню В26 остаточно, витримуючи розміри 2, 9, 10, 11;
- 015.09 Нарізати нарізь К1 остаточно, витримуючи розміри 2, 7', (9), (10) ;
- 015.10 Точити торцеві канавки послідовно, витримуючи розміри 2, 17, 18, 19;
- 015.11 Розточити поверхню Д5 і В18 одночасно остаточно, витримуючи розміри 20, 21, 22, 23, 24, 25;
- 015.12 Розточити поверхню Д5 одночасно остаточно, витримуючи розміри 20, 21', (22);
- 015.13 Розточити поверхню Д2 попередньо, витримуючи розміри 20, 44;
- 015.14 Розточити поверхню Д2 попередньо, витримуючи розміри 20, 44';
- 015.15 Розточити поверхню Д17 остаточно, витримуючи розміри 20, 32, 33, 34;
- 015.16 Точити фаску, витримуючи розмір 20, 35;
- 015.17 Точити канавку Д18 остаточно, витримуючи розмір 20, 36, 37, 38, 39;
- 015.18 Точити поверхню В29 остаточно витримуючи розмір 20, 26;
- 015.19 Розточити поверхню Д6 остаточно, витримуючи розміри 20, 27, 28, 29;
- 015.20 Розточити поверхню Д7 остаточно, витримуючи розміри 20, 30, (31);
- 015.21 Дорнувати поверхню Д7 остаточно, витримуючи розміри 20, 30', (31) ;
- 015.22 Фрезерувати поверхню Д1 остаточно, витримуючи розмір 1";
- 015.23 Розточити поверхню Д2 остаточно, витримуючи розміри 20, 40";
- 015.24 Центрувати положення вісей отворів К5-К11 послідовно, витримуючи розміри 41 - 47;
- 015.25 Свердлити отвори К5-К11 послідовно остаточно, витримуючи розміри 48, 49, 41 - 47;
- 015.26 Зенкувати отвори К5-К11 послідовно остаточно, витримуючи розміри 50, (41 - 47);
- 015.27 Нарізати нарізі в отворах К5-К11 послідовно, витримуючи розміри 48', 51, (41 - 47);



## 020 Багатоцільова з ЧПУ верстат HAAS UMC-750

А. Установити, закріпити, зняти



020.01 Точити фаску, витримуючи розмір (1), 2;

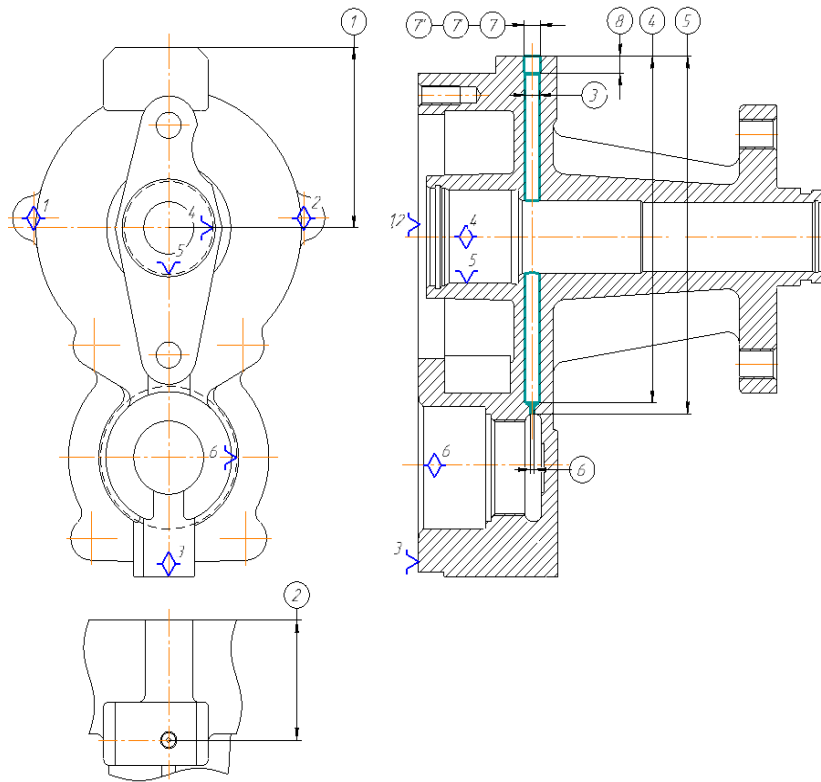
020.02 Точити поверхні Д15 і Д16 одночасно остаточно, витримуючи розміри 3, 4, 5, 6;

020.03 Фрезерувати поверхні О1 та Д13 одночасно, витримуючи розміри 7, 8;

020.04 Зенкерувати отвори О2-О3 послідовно остаточно, витримуючи розміри (9), 11; (10), 11;

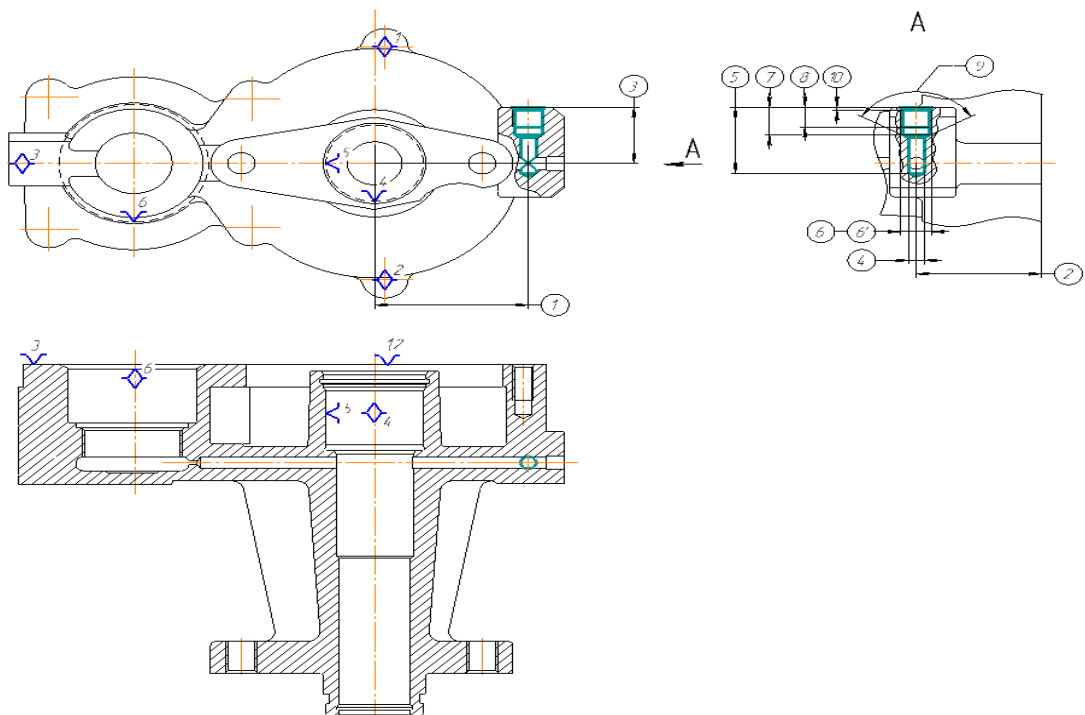
020.05 Нарізати нарізи в отворах О2-О3 послідовно, витримуючи розміри (5), 7'; (6), 7';

Б. Повернути поворотний стіл навколо горизонтальної осі на 90°, повернути поворотний стіл навколо вертикальної осі на 90°



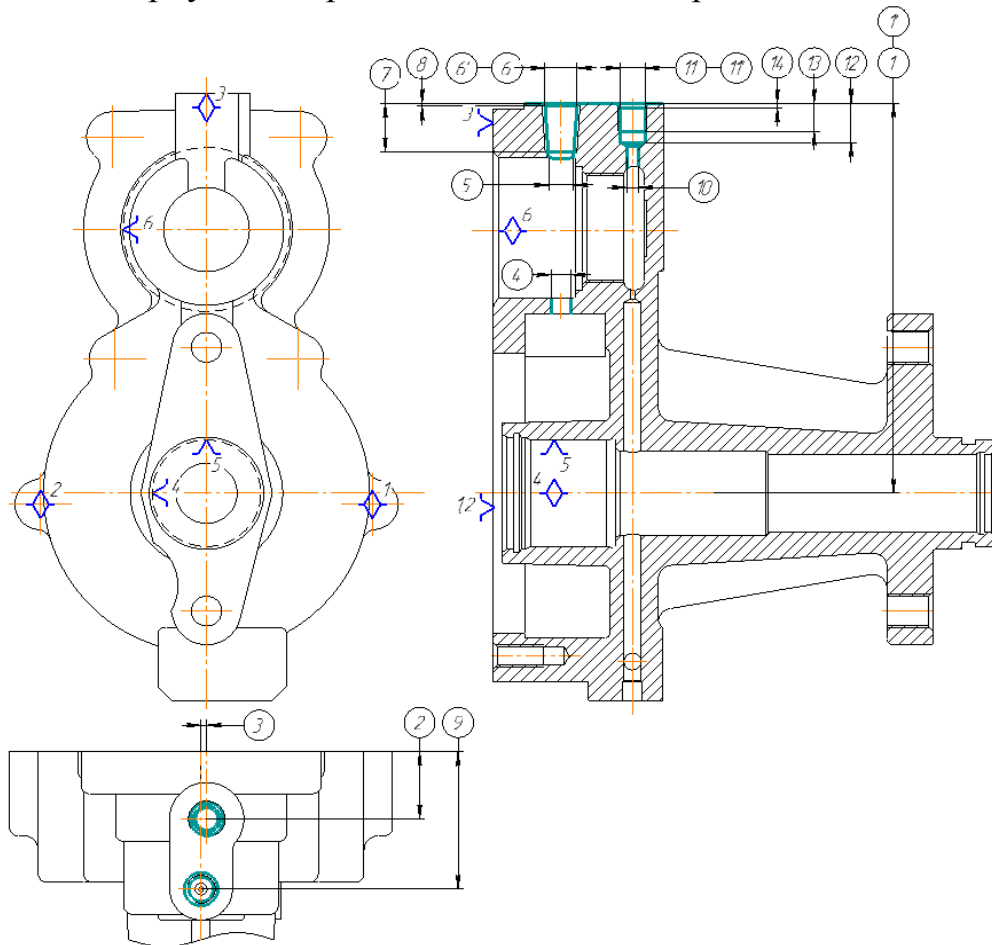
- 020.06 Центрувати положення вісі отвору В21, витримуючи розміри 1, 2;  
 020.07 Свердлити отвір В21, витримуючи розміри 2, 3, 4;  
 020.08 Свердлити отвір В22, витримуючи розміри 2, 6, (5);  
 020.09 Зенкерувати отвір остаточно Д10, витримуючи розміри 2, 7;  
 020.10 Розвернути отвір Д10 попередньо, витримуючи розміри (2), 7';  
 020.11 Розвернути отвір Д10 остаточно, витримуючи розміри (2), 7'';

В. Повернути поворотний стіл навколо вертикальної осі на 90°



- 020.12 Центрувати положення вісі отвору К4, витримуючи розміри 1, 2, (3);
- 020.13 Свердлити отвір К4, витримуючи розміри 1, 2, (3), 4, 5;
- 020.14 Розсвердлити отвір К4, витримуючи розміри 1, 2, 6, 7, 9;
- 020.15 Зенкувати отвір остаточно К4, витримуючи розміри 1, 2, (3), 10;
- 020.16 Нарізати нарізь К4, витримуючи розміри 1, 2, (3), 6', 8;

Г. Повернути поворотний стіл навколо вертикальної осі на 90°



- 020.17 Фрезерувати поверхню Д8 попередньо, витримуючи розмір 1;
- 020.18 Фрезерувати поверхню Д8 остаточно, витримуючи розмір 1';
- 020.19 Центрувати положення вісі отворів К2 і К3 послідовно, витримуючи розміри 1, 2, 3, 9;
- 020.20 Свердлити отвори К2 і В23 одночасно, витримуючи розміри 1, 2, 3, 4;
- 020.21 Зенкерувати отвір К2 остаточно, витримуючи розміри 1, 2, 3, 5, 6;
- 020.22 Зенкувати отвір К2 остаточно, витримуючи розміри 1, 2, 3, 8;
- 020.23 Нарізати нарізь К2, витримуючи розміри 1, 2, 3, 6', 7;
- 020.24 Свердлити отвір В28, витримуючи розміри 1, 3, 9, 10;
- 020.25 Розсвердлити отвір К3 остаточно, витримуючи розміри 9, 1, 11, 12;
- 020.26 Зенкувати отвір К3 остаточно, витримуючи розміри 9, 1, 14;
- 020.27 Нарізати нарізь К3, витримуючи розміри (9), (3), 11';

**025 Мийочна**  
**030**

**Контрольна**

## 2.7 Визначення припусків для технологічних переходів оброблення поверхонь

Розрахунково-аналітичний метод визначення припусків на оброблення базується на аналізі факторів, які впливають на припуски попереднього та переходу, що виконується технологічного процесу оброблення поверхні. Величина припуску визначається методом диференційованого розрахунку по елементам, які утворюють припуск на оброблення. Розрахунково-аналітичний метод передбачає розрахунок припусків по всім послідовно виконуваним технологічним переходам оброблення даної поверхні деталі (проміжні припуски). Їх послідовним додаванням визначають загальний припуск для оброблення певної поверхні, а також розраховують проміжні розміри, які визначають положення поверхонь і розміри заготовки при виконанні кожного технологічного переходу.

### 2.9.1 Визначення припусків розрахунково-аналітичним методом

#### 2.9.1.1 Розрахунок припусків отвору $\varnothing 100^{+0,054}$ Ra2,5:

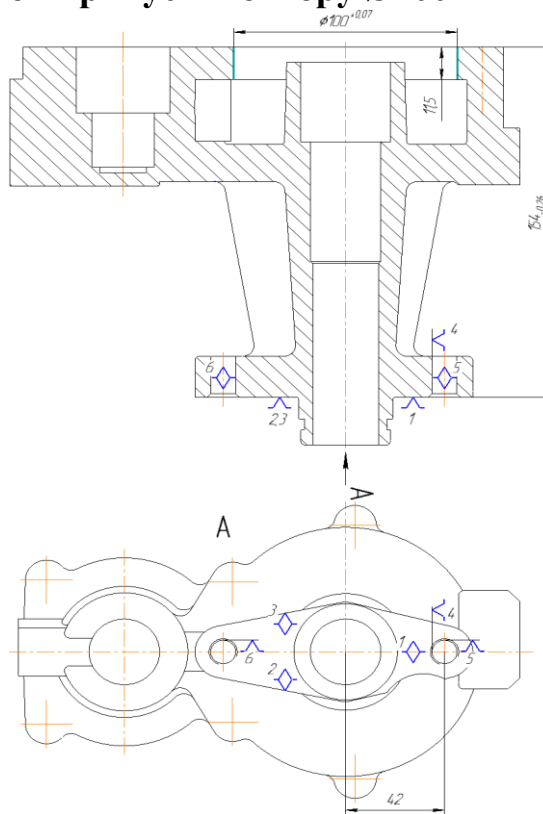


Рисунок 2.5 – Технологічний ескіз оброблення отвору  $\varnothing 100^{+0,07}$  Ra2,5

Таблиця 2.4 – Елементи припуску, граничні відхилення та допуски

Технологічний маршрут	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск $2Z_i$ , мкм	Розрахунковий розмір $D_i$ , мм	Допуск на виготовлення $IT_i$ , мкм	Граничний розмір, мм		Граничні значення припусків, мм	
	Rz	h	$\Delta$	$\varepsilon$				$D_{\min}$ , мм	$D_{\max}$ , мм	$2z_{\min}$ мкм	$2z_{\max}$ мкм
Заготовка-виливок	800		198	-	-	94,40	4400	92,20	96,60	-	-
Розточування чорнове	240	240	10	26	3327	97,72	870	97,72	98,59	1997	5527
Розточування напівчистове	100	100	0	0	1500	99,22	350	99,22	99,57	980	1500
Розточування чистове	20	20	0	0	610	99,83	140	99,83	99,97	400	610
Розточування тонке	5	5	0	0	166	100	54	100,00	100,054	80	166
Всього:										3457	7803

В результаті оброблення необхідно забезпечити точність  $\varnothing 100^{+0,054}$  ( $IT_{\text{дет}} = 70$  мкм) та шорсткість  $Ra = 2,5$  мкм. Допуск на діаметр пролитого отвору вилівка за ГОСТ26645-85 складає  $IT_{\text{заг}} = 4,4$  мм.

Приймаємо граничні відхилення отвору  $\pm 2,2$  мм.

Таким чином в результаті оброблення необхідно забезпечити уточнення по діаметру отвору:

$$\varepsilon_{T_0} = \frac{IT_{\text{заг}}}{IT_{\text{дет}}} = \frac{4400}{54} = 81,5$$

Остаточної точності та якості можна досягти шляхом тонкого розточування, якому мають передувати відповідно чистове, напівчистове та чорнове розточування.

При даному поєднанні технологічних переходів уточнюють:

$$\varepsilon_4 = \frac{IT_{\text{чис.розт}}}{IT_{\text{тон.розт}}} = \frac{140}{54} = 2,59; \quad \varepsilon_3 = \frac{IT_{\text{напівчис.розт}}}{IT_{\text{чис.розт}}} = \frac{350}{140} = 2,5$$

$$\varepsilon_2 = \frac{IT_{\text{чорн.розт}}}{IT_{\text{напівчис.розт}}} = \frac{870}{350} = 2,48; \quad \varepsilon_1 = \frac{IT_{\text{заг.}}}{IT_{\text{чорн.розт}}} = \frac{4400}{870} = 5,06$$

що забезпечує досягнення необхідної точності отвору:

$$\varepsilon_0 = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 \cdot \varepsilon_4 = 81,5 \geq \varepsilon_{T_0} = 81,5$$

де  $\Delta_{\text{см}} = IT_d$ , для отворів  $\varnothing 9H7$   $\Delta_{\text{см}} = 15$  (мкм);

$\Delta_{кор} = \Delta_{\kappa} \cdot L$ , для литих заготовок питома кривизна  $\Delta_{\kappa} = 0,7...1,0$  мкм/мм, при максимальній довжині площини 197мм:  
 $\Delta_{кор} = 1,0 \cdot 197 = 197$  (мкм)

Відповідно:

$$\Delta = \sqrt{15^2 + 197^2} = 197,6 \approx 198 \text{ (мкм)}$$

$$\varepsilon_{\sigma} = \frac{5+9+15}{2} = 14,5 \text{ (мкм)}$$

$$\varepsilon_3 = \left[ (K_{R_z} \cdot R_z + K_{HB} \cdot HB) + 0,4 + 0,045F \right] \frac{Q^n}{F^m}$$

де  $HB$  - твердість матеріалу заготовки,  $HB = 200$  кгс/мм<sup>2</sup>;

$Q$  - сила, що діє по нормалі до опори,  $Q = 163$  кгс;

$F$  - площа контакту опори з заготовкою, для установочних штирів діаметром 10мм,  $F = 0,785$  см<sup>2</sup>;

$R_z$  - шорсткість поверхні заготовки,  $R_z = 40$  мкм;

$$n = m = 0,7;$$

$$K_{R_z} = 0,004;$$

$$K_{HB} = -0,0016;$$

$$\varepsilon_3 = \left[ (0,004 \cdot 40 - 0,0016 \cdot 200) + 0,4 + 0,045 \cdot 0,785 \right] \frac{163^{0,7}}{785^{0,7}} = 22,12 \text{ (мкм)}$$

Таким чином похибка установки складатиме:

$$\varepsilon_y = \sqrt{14,5^2 + 22,12^2} = 26,2 \text{ (мкм)} \approx 26 \text{ (мкм)}$$

$$2Z_i = 2Z \min_i + ESD_{i-1} - ESD_i$$

$$2Z_{тон.розт} = 80 + 140 - 54 = 166 \text{ (мкм)}$$

$$2Z_{чист.розт} = 400 + 350 - 140 = 610 \text{ (мкм)}$$

$$2Z_{напівчист.розт} = 980 + 870 - 350 = 1500 \text{ (мкм)}$$

$$2Z_{чорн.розт} = 1997 + 2200 - 870 = 3327 \text{ (мкм)}$$

Номинальні міжпереходні розміри:

$$D_{тон.розт} = 100 \text{ (мм)}$$

$$D_{чист.розт} = D_{тон.розт} - 2Z_{тон.розт} = 100 - \frac{166}{1000} = 99,83 \text{ (мм)}$$

$$D_{напівчист.розт} = D_{чист.розт} - 2Z_{чист.розт} = 99,83 - \frac{610}{1000} = 99,22 \text{ (мм)}$$

$$D_{чорн.розт} = D_{чист.розт} - 2Z_{чист.розт} = 99,22 - \frac{1500}{1000} = 97,72 \text{ (мм)}$$

$$D_{заг} = D_{чорн.розт} - 2Z_{чорн.розт} = 97,72 - \frac{3327}{1000} = 94,4 \text{ (мм)}$$

Граничні міжпереходні розміри:

$$D_{i.\max} = D_i + ES_i$$

$$D_{i.\min} = D_i + EI_i$$

$$D_{тон.розт.\max} = 100 + \frac{54}{1000} = 100,054 \text{ (мм)}$$

$$D_{тон.розт.\min} = 100 + 0 = 100 \text{ (мм)}$$

$$D_{чист.розт.\max} = 99,83 + \frac{140}{1000} = 99,97 \text{ (мм)}$$

$$D_{чист.розт.\min} = 99,83 + 0 = 99,83 \text{ (мм)}$$

$$D_{напівчист.розт.\max} = 99,22 + \frac{350}{1000} = 99,57 \text{ (мм)}$$

$$D_{напівчист.розт.\min} = 99,22 + 0 = 99,22 \text{ (мм)}$$

$$D_{чорн.розт.\max} = 97,72 + \frac{870}{1000} = 98,59 \text{ (мм)}$$

$$D_{чорн.розт.\min} = 97,72 + 0 = 97,72 \text{ (мм)}$$

$$D_{заг.\max} = 94,4 + \frac{2200}{1000} = 96,6 \text{ (мм)}$$

$$D_{заг.\min} = 94,4 - \frac{2200}{1000} = 92,2 \text{ (мм)}$$

Загальний припуск на обробку:

$$2Z_{загальний} = \sum 2Z_i = 3327 + 1500 + 610 + 166 = 5603 \text{ (мкм)} = 5,6 \text{ (мм)}$$

Виконуємо перевірку:

$$\text{Умова: } 2Z_{\max_i} - 2Z_{\min_i} = ITD_{i-1} - ITD_i$$

Розточування тонке:

$$2Z_{\max_{тон.розт}} - 2Z_{\min_{тон.розт}} = 166 - 80 = 86 \text{ (мкм)}$$

$$ITD_{чист.розт} - ITD_{тон.розт} = 140 - 54 = 86 \text{ (мкм)}$$

Розточування чистове:

$$2Z_{\max_{чист.розт}} - 2Z_{\min_{чист.розт}} = 610 - 400 = 210 \text{ (мкм)}$$

$$ITD_{напівчист.розт} - ITD_{чист.розт} = 350 - 140 = 210 \text{ (мкм)}$$

Розточування напівчистове:

$$2Z_{\max_{напівчист.розт}} - 2Z_{\min_{напівчист.розт}} = 1500 - 980 = 520 \text{ (мкм)}$$

$$ITD_{чорн.розт} - ITD_{напівчист.розт} = 870 - 350 = 520 \text{ (мкм)}$$



Розточування чорнове:

$$2Z_{\max_{\text{чорн.розт}}} - 2Z_{\min_{\text{чорн.розт}}} = 5527 - 1997 = 3530 \text{ (мкм)}$$

$$ITD_{\text{заг}} - ITD_{\text{чорн.розт}} = 4400 + 870 = 3530 \text{ (мкм)}$$

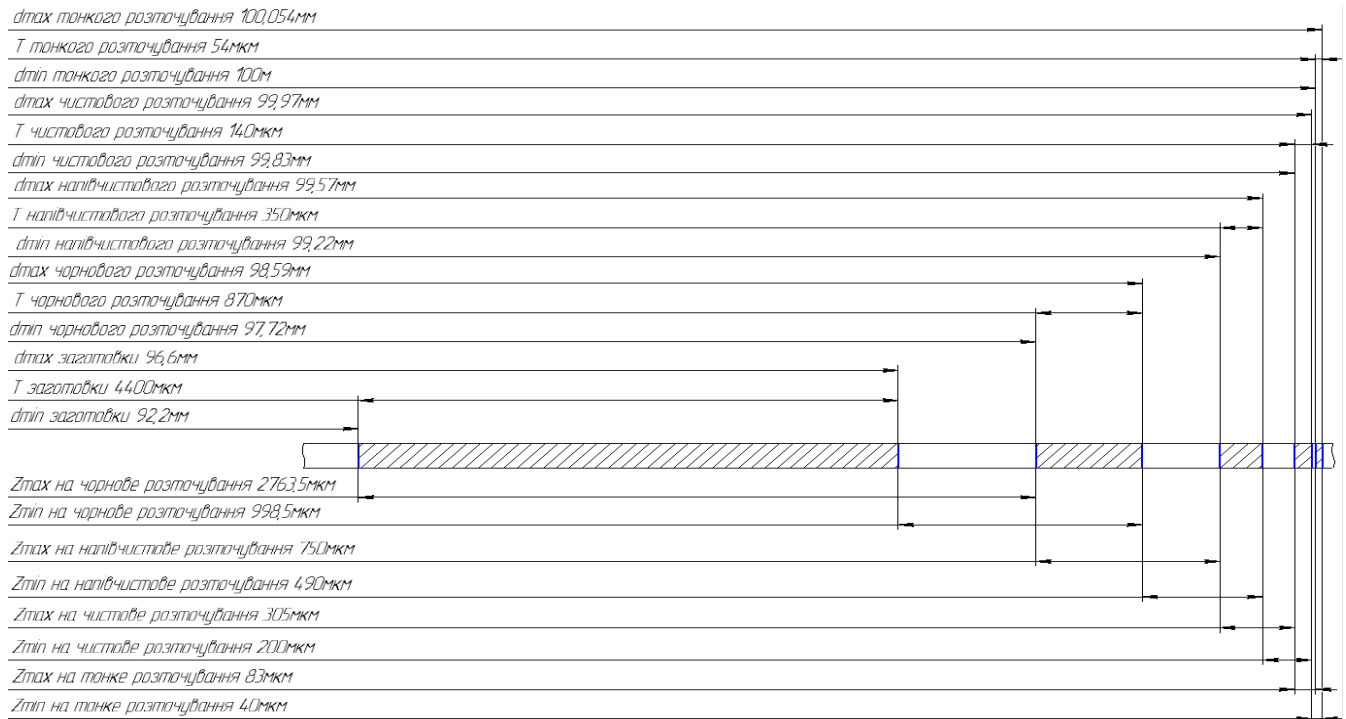


Рисунок 2.— Графічне зображення розташування припусків та допусків на оброблення отвору  $\text{Ø}100^{+0,054}_{-0}$  Ra2,5

### 2.9.1.2 Розрахунок припусків площини 154<sub>-0,26</sub> Ra2,5:

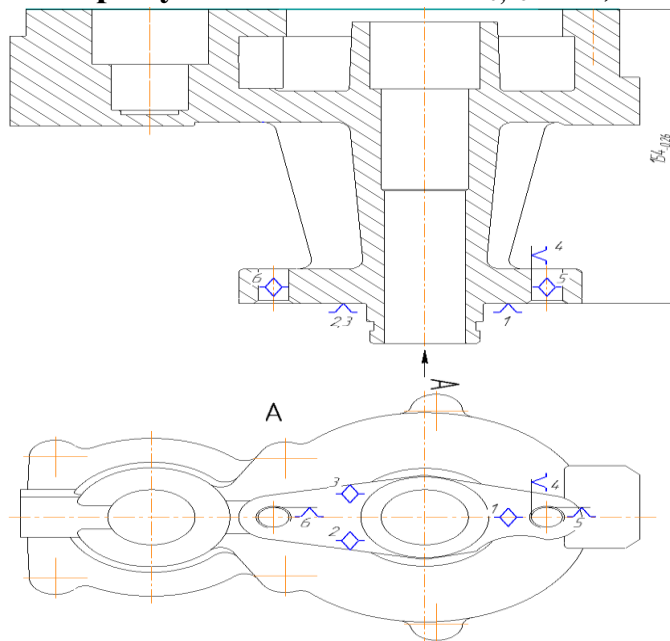


Рисунок 2.14 – Технологічний ескіз оброблення площини 154<sub>-0,26</sub>  
Ra2,5

Таблиця 2.5 – Елементи припуску, граничні відхилення та допуски

Технологічний маршрут	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск $Z_i$ , мкм	Розрахунковий розмір $H_i$ , мм	Допуск на виготовлення $IT_i$ , мкм	Граничний розмір, мм		Граничні значення припусків, мм	
	Rz	h	$\Delta$	$\varepsilon$				$H_{\min}$ , мм	$H_{\max}$ , мм	$Z_{\min}$ мкм	$Z_{\max}$ мкм
Заготовка-виливок	198		198	-	-	158,19	5000	155,69	160,69	-	-
Фрезерування чорнове	240	240	10	25	2519	155,67	1000	154,67	155,67	1019	5019
Фрезерування напівчистове	100	100	0	0	1090	154,58	400	154,18	154,58	490	1090
Фрезерування чистове	20	20	0	0	440	154,14	160	153,98	154,14	200	440
Фрезерування тонке	5	5	0	0	137	154	63	153,94	154,00	40	137
Всього:										1749	6886

В результаті оброблення необхідно забезпечити точність  $154_{-0,26}$  ( $IT_{\text{дет}} = 260$  мкм) та шорсткість  $Ra = 2,5$  мкм. Допуск на діаметр пролитого отвору вилівка за ГОСТ26645-85 складає  $IT_{\text{заг}} = 5,0$  мм.

Приймаємо граничні відхилення отвору  $\pm 2,5$  мм.

Таким чином в результаті оброблення необхідно забезпечити уточнення по діаметру отвору:

$$\varepsilon_{T_0} = \frac{IT_{\text{заг}}}{IT_{\text{дет}}} = \frac{5000}{63} = 79,36$$

Остаточної точності та якості можна досягти шляхом тонкого фрезерування, якому мають передувати відповідно чистове, напівчистове та чорнове фрезерування.

При даному поєднанні технологічних переходів уточнюють:

$$\varepsilon_4 = \frac{IT_{\text{чис.фрез.}}}{IT_{\text{тон.фрез.}}} = \frac{160}{63} = 2,53; \quad \varepsilon_3 = \frac{IT_{\text{напівчис.фрез.}}}{IT_{\text{чис.фрез.}}} = \frac{400}{160} = 2,5$$

$$\varepsilon_2 = \frac{IT_{\text{чорн.розт.}}}{IT_{\text{напівчис.розт.}}} = \frac{1000}{400} = 2,5; \quad \varepsilon_1 = \frac{IT_{\text{заг.}}}{IT_{\text{чорн.розт.}}} = \frac{5000}{1000} = 5$$

що забезпечує досягнення необхідної точності отвору:

$$\varepsilon_0 = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 \cdot \varepsilon_4 = 79,36 \geq \varepsilon_{T_0} = 79,36$$

Мінімальні припуски для кожного із вибраних переходів розраховують за формулою:

$$Z \min_i = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \Delta_{i-1} + \varepsilon_i$$

де  $Rz$  – висота нерівностей профілю;  $h$  – глибина дефектного шару;  $\Delta$  – сумарне відхилення розташування поверхні;  $\varepsilon$  – похибка установки заготовки;

Сумарне відхилення розташування поверхні розраховуємо як:

$$\Delta = \sqrt{\Delta_{cm}^2 + \Delta_{кор}^2}$$

де  $\Delta_{cm} = ITd$ , для отворів Ø9H7  $\Delta_{cm} = 15$  (мкм);

$\Delta_{кор} = \Delta_k \cdot L$ , для литих заготовок питома кривизна  $\Delta_k = 0,7...1,0$  мкм/мм, при максимальній довжині площини 197мм:  
 $\Delta_{кор} = 1,0 \cdot 197 = 197$  (мкм)

Відповідно:

$$\Delta = \sqrt{15^2 + 197^2} = 197,6 \approx 198 \text{ (мкм)}$$

Похибка установки визначається як:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_z^2}$$

де  $\varepsilon_{\delta}$  - похибка базування;

$\varepsilon_z$  - похибка закріплення.

Оскільки технологічна база співпадає з вимірювальною, похибка базування відсутня:

$$\varepsilon_{\delta} = 0$$

Для установки на установочні штирі з плоскою головкою похибка закріплення розраховується за формулою:

$$\varepsilon_z = \left[ (K_{R_z} \cdot R_z + K_{HB} \cdot HB) + 0,4 + 0,045F \right] \frac{Q^n}{F^m}$$

де  $HB$  - твердість матеріалу заготовки,  $HB = 200$  кгс/мм<sup>2</sup>;

$Q$  - сила, що діє по нормалі до опори,  $Q = 138$  кгс;

$F$  - площа контакту опори з заготовкою, для установочних штирів діаметром 10мм,  $F = 0,785$  см<sup>2</sup>;

$R_z$  - шорсткість поверхні заготовки,  $R_z = 40$  мкм;

$n = m = 0,7$ ;

$K_{R_z} = 0,004$ ;

$K_{HB} = -0,0016$ ;

$$\varepsilon_z = \left[ (0,004 \cdot 40 - 0,0016 \cdot 200) + 0,4 + 0,045 \cdot 0,785 \right] \frac{138^{0,7}}{785^{0,7}} = 22,12 \text{ (мкм)}$$

Таким чином похибка установки складатиме:

$$\varepsilon_y = \varepsilon_z = 22,12 \text{ (мкм)} \approx 22 \text{ (мкм)}$$

Оскільки оброблення деталі відбувається за одну установку, дана похибка присутня тільки для чорнового фрезерування.

Мінімальні припуски для кожного із вибраних переходів:

$$Z_{\min_{\text{тон.фрез}}} = 20 + 20 = 40 \text{ (мкм)}$$

$$Z_{\min_{\text{чист.фрез.}}} = 100 + 100 = 200 \text{ (мкм)}$$

$$Z_{\min_{\text{напівчист.фрез.}}} = 240 + 240 + 10 = 490 \text{ (мкм)}$$

$$Z_{\min_{\text{чорн.фрез}}} = 800 + 197 + 22 = 1019 \text{ (мкм)}$$

Максимальні припуски для кожного із вибраних переходів:

$$Z_{\max_i} = Z_{\min_i} + ITH_{i-1} - ITH_i$$

$$Z_{\max_{\text{тон.фрез.}}} = 40 + 160 - 63 = 137 \text{ (мкм)}$$

$$Z_{\max_{\text{чист.фрез.}}} = 200 + 400 - 160 = 440 \text{ (мкм)}$$

$$Z_{\max_{\text{напівчист.фрез.}}} = 490 + 1000 - 400 = 1090 \text{ (мкм)}$$

$$Z_{\max_{\text{чорн.фрез.}}} = 1019 + 5000 - 1000 = 5019 \text{ (мкм)}$$

Номінальні припуски для кожного із вибраних переходів:

$$Z_i = Z_{\min_i} + eiH_{i-1} - eiH_i$$

$$Z_{\text{тон.фрез.}} = 40 + 160 - 63 = 137 \text{ (мкм)}$$

$$Z_{\text{чист.фрез.}} = 200 + 400 - 160 = 440 \text{ (мкм)}$$

$$Z_{\text{напівчист.фрез.}} = 490 + 1000 - 400 = 1090 \text{ (мкм)}$$

$$Z_{\text{чорн.фрез.}} = 1019 + 2500 - 1000 = 2519 \text{ (мкм)}$$

Номінальні міжпереходні розміри:

$$H_{\text{тон.фрез.}} = 154 \text{ (мм)}$$

$$H_{\text{чист.фрез.}} = H_{\text{тон.фрез.}} + Z_{\text{тон.фрез.}} = 154 + \frac{137}{1000} \approx 154,14 \text{ (мм)}$$

$$H_{\text{напівчист.фрез.}} = H_{\text{чист.фрез.}} + Z_{\text{чист.розт}} = 154,14 + \frac{440}{1000} = 154,58 \text{ (мм)}$$

$$H_{\text{чорн.фрез.}} = H_{\text{чист.фрез.}} + Z_{\text{чист.фрез.}} = 154,58 + \frac{1090}{1000} = 155,67 \text{ (мм)}$$

$$H_{\text{заг}} = H_{\text{чорн.фрез.}} + Z_{\text{чорн.фрез.}} = 155,67 + \frac{2519}{1000} = 158,19 \text{ (мм)}$$

Граничні міжпереходні розміри:

$$H_{i.\max} = H_i + es_i$$

$$H_{i.\min} = H_i + ei_i$$

$$H_{\text{тон.фрез.}\max} = 154 + 0 = 154 \text{ (мм)}$$

$$H_{\text{тон.фрез.}\min} = 100 - \frac{63}{1000} \approx 153,94 \text{ (мм)}$$

$$H_{\text{чист.фрез.}\max} = 154,14 + 0 = 154,14 \text{ (мм)}$$

$$H_{\text{чист.фрез.}\min} = 154,14 - \frac{160}{1000} = 153,98 \text{ (мм)}$$

$$H_{\text{напівчист.фрез.}\max} = 154,58 + 0 = 154,58 \text{ (мм)}$$

$$H_{\text{напівчист.фрез.}\min} = 154,58 - \frac{400}{1000} = 154,18 \text{ (мм)}$$

$$H_{\text{чорн.фрез.}\max} = 155,67 + 0 = 155,67 \text{ (мм)}$$

$$H_{\text{чорн.фрез.}\min} = 155,67 - \frac{1000}{1000} = 154,67 \text{ (мм)}$$

$$H_{\text{загmax}} = 158,19 + \frac{2500}{1000} = 160,69 \text{ (мм)}$$

$$H_{\text{загmin}} = 158,19 - \frac{2500}{1000} = 155,69 \text{ (мм)}$$

*H*тах тонкого фрезерування 154мм

*T* тонкого фрезерування 63мкм

*H*тіп тонкого фрезерування 153,94мм

*H*тах чистового фрезерування 154,14мм

*T* чистового фрезерування 160мкм

*H*тіп чистового фрезерування 153,98мм

*H*тах напівчистового фрезерування 154,58мм

*T* напівчистового фрезерування 400мкм

*H*тіп напівчистового фрезерування 154,18мм

*H*тах чорного фрезерування 155,67мм

*T* чорного фрезерування 1000мкм

*H*тіп чорного фрезерування 154,67мм

*H*тах заготовки 160,69мм

*T* заготовки 5000мкм

*H*тіп заготовки 155,69мм

*Z*тах на чорное фрезерування 5019мкм

*Z*тіп на чорное фрезерування 1019мкм

*Z*тах на напівчистове фрезерування 1090мкм

*Z*тіп на напівчистове фрезерування 490мкм

*Z*тах на чистове фрезерування 440мкм

*Z*тіп на чистове фрезерування 200мкм

*Z*тах на тонке фрезерування 137мкм

*Z*тіп на тонке фрезерування 40мкм

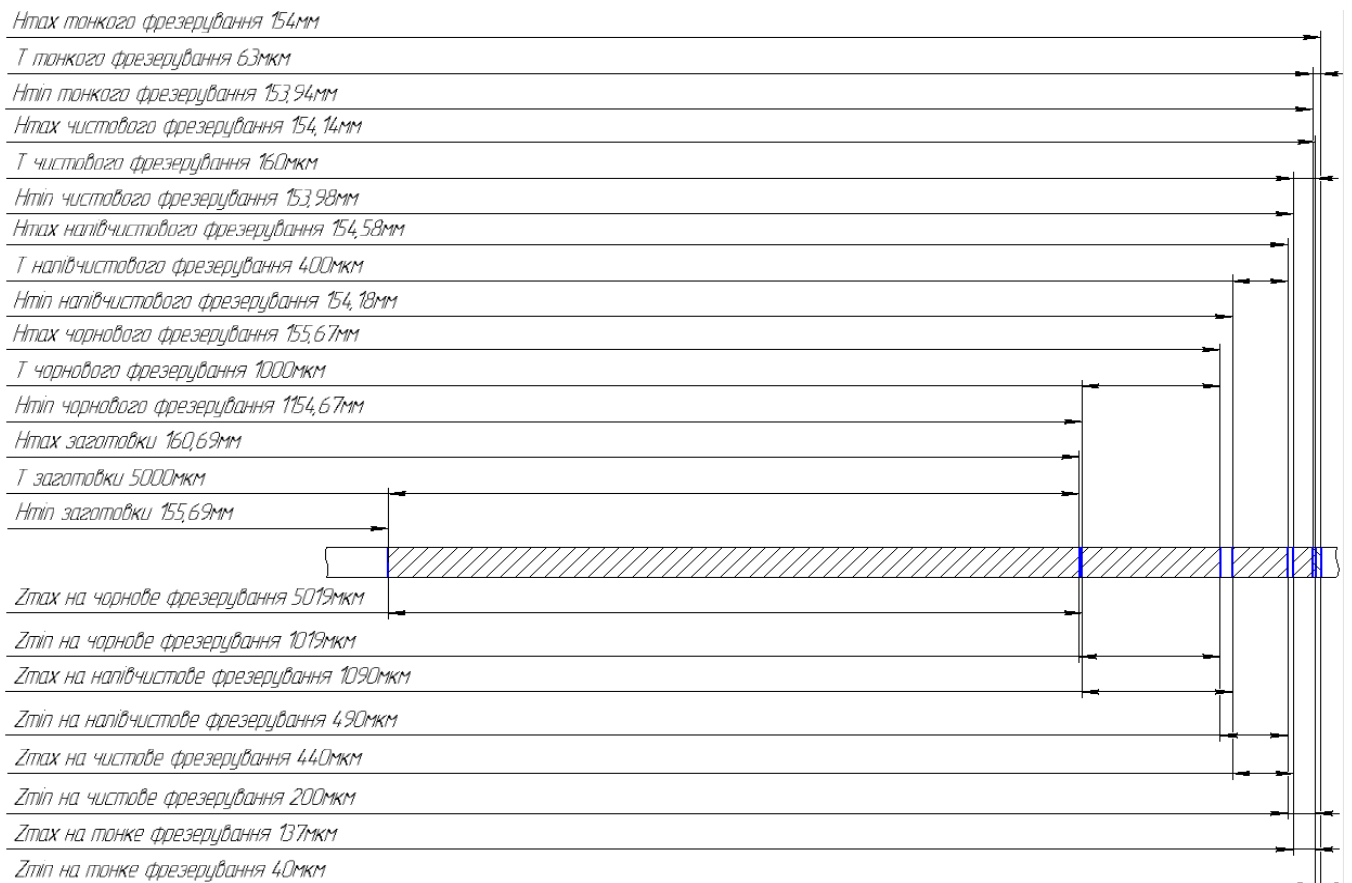


Рисунок 2.15 – Графічне зображення розташування припусків та допусків на оброблення площини 154<sub>-0,26</sub> Ra2,5

### 2.9.2 Визначення припусків аналоговими методами

Таблиця 2.6 - Визначення припусків , допусків припусків та технологічних напусків для лінійних розмірів вилівка деталі «Корпус задній пневматично-гідравлічного підсилювача зчеплення», (ГОСТ 26645-85)

№	Параметр	Ø40h14 Rz40	16h14 Rz40	M39-6H	Ø50 Ra12,5	29h14
1	Допуск на розмір вилівка	4	2,8	3,6	4	3,6
2	Вид остаточного механічного оброблення, необхідний для забезпечення точності розмірів деталі	Чорнова	Чорнова	Чорнова Напівчист Чистова	Чорнова	Чорнова
3	Вид остаточного механічного оброблення, необхідний для забезпечення необхідної шорсткості поверхонь деталі	Чорнова	Чорнова	Чорнова Напівчист Чистова	Чорнова	Чорнова
4	Прийняте остаточне оброблення для забезпечення заданої якості поверхонь деталі	Чорнова	Чорнова	Чорнова Напівчист Чистова	Чорнова	Чорнова
5	Загальний припуск на сторону	4,4 3,4	3,9 2,6	6,3 4,9	6,7 3,4	5,3 3,1
6	Технологічний напуск на сторону внаслідок формувальних уклонів	-	0,69	-	-	-
7	Остаточний розмір вилівка (прийнятий)	46	19	30	42	28

Продовження таблиці 2.6

№	Параметр	<b>29h14</b>	<b>54h14</b>	<b>45h14</b> Rz80	<b>26h14</b>	<b>45h14</b>
1	Допуск на розмір вилівка	3,6	4	4	3,6	4,4
2	Вид остаточного механічного оброблення, необхідний для забезпечення точності розмірів деталі	Чорнова	Чорнова	Чорнова	Чорнова	Чорнова
3	Вид остаточного механічного оброблення, необхідний для забезпечення необхідної шорсткості поверхонь деталі	Чорнова	Чорнова	Чорнова	Чорнова	Чорнова
4	Прийняте остаточне оброблення для забезпечення заданої якості поверхонь деталі	Чорнова	Чорнова	Чорнова	Чорнова	Чорнова
5	Загальний припуск на сторону	5,3 3,1	5,8 3,4	4,4 3,4	4,3 3,1	4,8 3,4
6	Технологічний напуск на сторону внаслідок формувальних уклонів	-	-	0,03	0,977	-
7	Остаточний розмір вилівка (прийнятий)	28	51	49	30	49



## 2.10 Визначення режимів різання

### 2.10.1 Визначення режимів різання розрахунково-аналітичним методом

#### 2.10.1.1 Розрахунок режиму різання для чорнового розточування отвору $\varnothing 100^{+0,07}_{-0,07}$ Ra2,5:

Вихідні дані:

- Оброблюваний матеріал – сірий чавун СЧ25;
- Устаткування - 5-осьовий фрезерний верстат з ЧПК верстат HAAS UMC-750;
- Інструмент – розточувальний різець з змінною багатогранною пластиною з твердого сплаву ВК8 ( $\varphi = 60^\circ$ ;  $\varphi_1 = 10^\circ$ ;  $\gamma = 10^\circ$ ;  $\alpha = 8^\circ$ ;  $\lambda = 0^\circ$ ;  $r = 1$ ).

Глибину різання при чорновому розточуванні приймаємо рівною припуску на сторону  $h = Z_{\text{чорн.розт}} = 1,66 \text{ мм}$ .

Оскільки оброблюється корпусна деталь та сучасні верстати з ЧПК не вносять значних обмежень для встановлення подачі, маємо наступні обмеження, для встановлення подачі:

Обмеження за міцністю змінної пластини:

$$[s]_{\text{пл}} = \left[ \frac{34 \cdot h^{(0,17-x)} \cdot c^{1,35} \cdot (\sin 60^\circ)^{0,8}}{C_p \cdot (\sin \varphi)^{0,8} \cdot K_p} \right]^{\frac{1}{y}}$$

де  $h$ - глибина різання,  $h = 1,66 \text{ мм}$ ;

$c$  - товщина пластини,  $c = 4 \text{ мм}$ ;

$C_p$  – коефіцієнт, що враховує умови оброблення,  $C_p = 92$ ;

$x, y$  – показники ступеня,  $x = 1$ ;  $y = 0,75$ ;

$K_p$  – поправочний коефіцієнт,  $K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}$ ;

$K_{mp}$  – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки;

$K_{\varphi p}, K_{\gamma p}, K_{\lambda p}, K_{rp}$  – коефіцієнти, що враховують геометричні переметри різальної частини інструменту,  $K_{\varphi p} = 0,94$ ,  $K_{\gamma p} = 1$ ,  $K_{\lambda p} = 1$ ,  $K_{rp} = 0,93$ ;

$$K_{mp} = \left( \frac{HB}{190} \right)^{n_p} = \left( \frac{260}{190} \right)^{0,5} = 1,16$$

$$K_p = 1,16 \cdot 0,94 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 1,04$$

$$[s]_{\text{пл}} = \left[ \frac{34 \cdot 1,66^{(0,17-1)} \cdot 4^{1,35} \cdot 0,866^{0,8}}{92 \cdot 0,866^{0,8} \cdot 1,04} \right]^{\frac{1}{0,75}} = 1,7 \text{ (мм / об)}$$

Обмеження за шосткістю поверхні:

$$[s]_{\text{ш}} = \sqrt{Rz \cdot 10^{-3} \cdot 8r_\epsilon}$$

де  $r_6$  - радіус вершини змінної пластини;

$Ra$  - шорсткість поверхні;

$$[s]_{uu} = \sqrt{240 \cdot 10^{-3} \cdot 8} = 1,03 \text{ (мм / об)}$$

За розрахованими значеннями остаточно обираємо подачу:  $S = 1,0$  мм/об;

Визначаємо швидкість різання:

$$V_i = \frac{C_v}{T^m \cdot h^x \cdot S^y} \cdot K_v \text{ м / хв}$$

де  $C_v$  – коефіцієнт, що враховує умови оброблення,  $C_v = 243$ ;

$x, y, m$  – показники ступеня, ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,2$ ;  $m = 0,2$ ;

$S$  - подача,  $S = 1,0$  мм/об;

$T$  - період стійкості,  $T = 40$  хв;

$h$  - глибина різання,  $h = 1,66$  мм;

$K_v$  – поправочний коефіцієнт,  $K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv}$ ;

$K_{mv}$  – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки;

$K_{nv}$  – коефіцієнт, що враховує характер поверхні заготовки,  $K_{nv} = 1$ ;

$K_{uv}$  – коефіцієнт, що враховує матеріал інструмента,  $K_{uv} = 0,83$ ;

$$K_{mv} = \left( \frac{190}{HB} \right)^{n_v} = \left( \frac{190}{260} \right)^{1,25} = 0,68$$

$$K_v = 0,68 \cdot 1,0 \cdot 0,83 = 0,56$$

Тоді:

$$V = \frac{243}{40^{0,2} \cdot 1,66^{0,15} \cdot 1,0^{0,4}} \cdot 0,56 = 89,38 \text{ м / хв}$$

Визначаємо розрахункову частоту обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V_i}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 89,38}{3,14 \cdot 97,72} = 292,59 \text{ об / хв}$$

Приймаємо:  $n_\phi = 300$  об/хв.

Уточнюємо дійсну швидкість різання:

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n_\phi}{1000} = \frac{3,14 \cdot 97,72 \cdot 300}{1000} = 92,05 \text{ м / хв}$$

Визначаємо головну складову сили різання:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot h^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

де  $C_p$  – коефіцієнт, що враховує умови оброблення,  $C_p = 92$ ;

$x, y, n$  – показники ступеня,  $x = 1$ ;  $y = 0,75$ ;  $n = 0$ ;

$K_p$  – поправочний коефіцієнт,  $K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}$ ;

$K_{mp}$  – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки;

$K_{\varphi p}$ ,  $K_{\gamma p}$ ,  $K_{\lambda p}$ ,  $K_{rp}$  – коефіцієнти, що враховують геометричні переметри різальної частини інструменту,  $K_{\varphi p} = 0,94$ ,  $K_{\gamma p} = 1$ ,  $K_{\lambda p} = 1$ ,  $K_{rp} = 0,93$ ;

$$K_{mp} = \left( \frac{HB}{190} \right)^{n_v} = \left( \frac{260}{190} \right)^{0,5} = 1,16$$

Тоді:

$$P_z = 10 \cdot 92 \cdot 1,66^1 \cdot 1,0^{0,75} \cdot 92,05^0 \cdot 0,94 \cdot 1,16 \cdot 0,93 = 1335,08 \text{ Н}$$

Визначаємо потужність різання:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1000 \cdot 60} = \frac{1335,08 \cdot 92,05}{1000 \cdot 60} = 2 \text{ кВт}$$

Визначаємо час оброблення:

$$T_o = \frac{L}{S_{xg}} = \frac{l_{x.i} + l_{\text{врізання}} + l_{\text{перемізу}}}{S_o \cdot n} = \frac{11,5 + 1 + 1}{1,0 \cdot 300} = 0,045 \text{ хв}$$

Результати розрахунків заносимо в таблицю

$h$ , мм	$S$ , мм/об	$V$ , м/хв	$n$ , об/хв	$P_z$ , Н	$N$ , кВт	$T_o$ , хв
1,66	1,0	92,05	300	1335,08	2,0	0,045

### 2.10.1.2 Розрахунок режиму різання для чорнового фрезерування площини 154-0,26 Ra2,5:

Вихідні дані:

- Оброблюваний матеріал – сірий чавун СЧ25;
- Устаткування - 5-осьовий фрезерний верстат з ЧПК верстат HAAS UMC-750;
- Інструмент – фреза насадна з змінними багатограними пластинами з твердого сплаву ВК8 ( $\varphi = 90^\circ$ ;  $\varphi_1 = 30^\circ$ ;  $\gamma = -10^\circ$ ;  $\alpha = 16^\circ$ ). Діаметр фрези –  $D = 76$  мм, число фрези –  $Z = 6$ .

Ширина фрезерування –  $B = 30$  мм. Враховуючи траєкторію руху інструменту, повна довжина ходу складатиме  $L = 1100$  мм.

Глибину різання при чорновому розточуванні приймаємо рівною припуску на сторону  $h = Z_{\text{чорн.розт}} = 2,52 \text{ мм}$ .

Оскільки оброблюється корпусна деталь та сучасні верстати з ЧПК не вносять значних обмежень для встановлення подачі, маємо наступні обмеження, для встановлення подачі:

Обмеження за міцністю змінної пластини:

$$[s_z]_{nl} = \left[ \frac{34 \cdot h^{(0,17-x)} \cdot c^{1,35} \cdot (\sin 60^\circ)^{0,8} \cdot D^q}{C_p \cdot B^n \cdot z \cdot (\sin \varphi)^{0,8} \cdot K_{mp}} \right]^{\frac{1}{y}}$$

де  $h$  - глибина різання,  $h = 2,52$  мм;

$c$  - товщина пластини,  $c = 5$  мм;

$C_p$  – коефіцієнт, що враховує умови оброблення,  $C_p = 54,5$ ;

$x, y, n, q$  – показники ступеня, ;  $x = 0,9$ ;  $y = 0,74$ ;  $n = 1$ ;  $q = 1$ ;

$K_{mp}$  – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки;

$$K_{mp} = \left( \frac{HB}{190} \right)^{n_v} = \left( \frac{260}{190} \right)^{0,5} = 1,16$$

$$[s_z]_{nl} = \left[ \frac{34 \cdot 2,52^{(0,17-0,9)} \cdot 5^{1,35} \cdot (0,866)^{0,8} \cdot 76^1}{54,5 \cdot 50^1 \cdot 6 \cdot (0,866)^{0,8} \cdot 1,16} \right]^{\frac{1}{0,74}} = 0,37 \text{ (мм / зуб)}$$

Обмеження за шосткістю поверхні:

$$[s_z]_{ur} = \sqrt{R_z \cdot 10^{-3} \cdot 8r_e}$$

де  $r_e$  - радіус вершини змінної пластини;

$Ra$  - шорсткість поверхні;

$$[s_z]_{ur} = \sqrt{240 \cdot 10^{-3} \cdot 8 \cdot 0,5} = 0,29 \text{ (мм / зуб)}$$

- За розрахованими значеннями остаточно обираємо подачу на зуб:  $S_Z = 0,25$  мм/зуб.

Тобто подача на оберт складатиме:  $S_o = Z \cdot S_Z = 6 \cdot 0,25 = 1,5$  мм/об.

Визначаємо швидкість різання:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot h^x \cdot S_z^y \cdot b^u \cdot Z^p} \cdot K_v \text{ м / хв}$$

де  $C_v$  – коефіцієнт, що враховує умови оброблення,  $C_v = 445$ ;

$D$  – діаметр фрези,  $D = 76$ мм;

$x, y, m, u, q, p$  – показники ступеня,  $x = 0,15$ ;  $y = 0,35$ ;  $m = 0,32$ ;  $u = 0,2$ ;  $q = 0,2$ ;  $p = 0$ ;

$S_Z$  - подача на зуб,  $S_Z = 0,25$  мм/ зуб;

$T$  - період стійкості,  $T = 120$  хв;

$h$  - глибина різання,  $h = 2,5$ мм;

$b$  – ширина фрезерування,  $b = 30$ мм;

$K_v$  – поправочний коефіцієнт,  $K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv}$ ;

$K_{mv}$  – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки;

$K_{nv}$  – коефіцієнт, що враховує характер поверхні заготовки,  $K_{nv} = 1$ ;

$K_{uv}$  – коефіцієнт, що враховує матеріал інструмента,  $K_{uv} = 0,83$ ;

$$K_{mv} = \left( \frac{190}{HB} \right)^{n_v} = \left( \frac{190}{260} \right)^{1,25} = 0,68$$

$$K_v = 0,68 \cdot 1,0 \cdot 0,83 = 0,56$$

Тоді:

$$V = \frac{445 \cdot 76^{0,2}}{160^{0,32} \cdot 2,5^{0,15} \cdot 0,25^{0,35} \cdot 30^{0,2} \cdot 6^0} \cdot 0,56 = 114,16 \text{ м / хв}$$

Визначаємо розрахункову частоту обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 114,16}{3,14 \cdot 76} = 727,13 \text{ об/хв}$$

Приймаємо:  $n_\phi = 750 \text{ об/хв}$ .

Уточнюємо дійсну швидкість різання:

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n_\phi}{1000} = \frac{3,14 \cdot 76 \cdot 750}{1000} = 117,75 \text{ м/хв}$$

Визначаємо колову силу різання:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot h^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot Z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp}$$

де  $C_p$  – коефіцієнт, що враховує умови оброблення,  $C_p = 54,4$ ;

$x, y, n, q, w$  – показники ступеня, ;  $x = 0,9$ ;  $y = 0,74$ ;  $n = 1$ ;  $q = 1$ ;  $w = 0$ ;

$K_{mp}$  – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки;

$$K_{mp} = \left( \frac{HB}{190} \right)^{n_v} = \left( \frac{260}{190} \right)^{0,5} = 1,16$$

Тоді:

$$P_z = \frac{10 \cdot 54,4 \cdot 2,5^{0,9} \cdot 0,25^{0,74} \cdot 30^1 \cdot 6}{76^1 \cdot 750^0} \cdot 1,16 = 1601,5 \text{ Н}$$

Визначаємо крутний момент на шпинделі верстата:

$$M = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 1000} = \frac{1601,5 \cdot 76}{2 \cdot 1000} = 40,04 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Визначаємо потужність різання на шпинделі верстата:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1601,5 \cdot 117,75}{1020 \cdot 60} = 3,08 \text{ кВт}$$

Визначаємо час оброблення:

$$T_o = \frac{L}{S_{xв}} = \frac{L}{S_o \cdot n} = \frac{1100}{1,5 \cdot 750} = 0,98 \text{ хв}$$

Результати розрахунків заносимо в таблицю

$h, \text{ мм}$	$S_z, \text{ мм/об}$	$V, \text{ м/хв}$	$n, \text{ об/хв}$	$P_z, \text{ Н}$	$M, \text{ Н} \cdot \text{м}$	$N, \text{ кВт}$	$T_o, \text{ хв}$
2,5	0,25	117,75	750	1601,5	40,04	3,08	0,98

## 2.10.2 Визначення режимів різання аналоговими методами

Таблиця 2.7 – Режими різання на технологічних переходах

№ Опер.ії	№ Перех.	$h, \text{ мм}$	$S_z, \text{ мм/зуб}$	$S_o, \text{ мм/об}$	$S_{xв}, \text{ мм/хв}$	$V, \text{ м/хв}$	$n, \text{ об/хв}$	$T_o, \text{ хв}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9

005	01	2,6	0,25	1,5	1509,55	158	1006	0,04
	02	2,7	0,1	0,6	2866,24	150	1242	0,94
	03	1	0,1	0,6	1146,50	60	1242	0,17
	04	0,25	0,1	1,6	733,76	72	459	0,17
	05	0,25	0,1	1,6	733,76	72	459	0,17
	06	2	-	0,14	334,39	30	1592	0,02
	07	2	-	0,14	334,39	30	1592	0,02
	08	7	-	0,5	318,47	28	353	0,99
	09	6	-	0,5	371,55	28	531	0,66
	10	4	-	0,3	334,39	28	796	0,08
	11	0,75	-	0,8	778,49	27,5	973	0,02

Продовження таблиці 2.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9
005	12	0,25	-	2,2	2335,46	30	230	0,002
	13	0,25	-	2,2	506,02	6,5	230	0,03
	14	3,1	0,25	1,5	1509,55	158	1006	0,02
	15	3,4	0,25	1,5	1509,55	158	1006	0,01
010	02	2	0,25	1,5	1509,55	158	1006	0,08
	03	0,5	-	1,05	955,41	80	614	0,12·3
	04	0,75	-	1,05	891,72	80	573	0,09
	05	1	-	1,05	703,99	80	377	0,10·3
	07	1,5	-	1,9	968,15	80	223	0,07
	08	1	0,1	0,6	1375,80	72	2293	0,05
015	01	1	0,18	1,08	1410,19	205	1306	0,78
	02	0,44	0,13	0,78	1152,61	232	1478	0,95
	03	0,5	-	1,05	735,67	110	701	0,10
	04	1	-	1,05	461,23	80	439	0,003·2
	05	1,25*2	-	1,05	607,99	80	579	0,04·3
	06	0,5*3	-	1,05	943,17	110	898	0,004
	07	1	-	1,9	538,54	89	283	0,11·2
	08	1,25*2	-	0,12	69,48	80	579	0,09*3
	09	1,5	-	1,5	1396,37	114	931	0,02
	10	1	-	0,12	40,95	75	341	0,09
	11	0,8	-	0,58	583,31	120	1006	0,15
	12	0,2	-	0,32	216,05	212	675	0,56
	13	0,5*3	-	1,05	267,52	80	255	0,07·3
	14	0,3*2	-	0,58	203,18	110	350	0,11·2
	15	0,5*2	-	1,05	1588,38	190	1513	0,03·2
	16	0,9	-	1,9	1331,21	110	701	0,002
	17	1,25	-	0,12	81,89	90	682	0,05
	18	1,6	-	0,12	140,13	110	1168	0,04
	19	0,25	-	0,58	1169,85	190	2017	0,13
	20	0,25*2	-	0,58	1385,35	210	2389	0,18·2
	21	0,03	-	0,6	682,44	100	1137	0,12
	22	0,13	0,1	0,6	993,63	260	1656	0,15
	23	0,16	-	0,32	85,61	84	268	1,11
	24	2*9	-	0,14	267,52	30	1911	0,02·9
	25	3*9	-	0,3	445,86	28	1486	0,08·9

	26	1,5*9	-	2,2	2627,39	30	1194	0,002*9
	27	1,25*9	-	1,25	875,80	22	701	0,03*9
020	01	0,9	-	1,9	968,15	80	510	0,002
	02	0,75	-	0,12	61,15	80	510	0,06
	03	0,7	0,13	0,78	1152,61	232	1478	0,61
	04	1	-	2,2	3503,18	30	1592	0,001
	05	1,25	-	1,25	729,83	22	584	0,04
	06	2	-	0,14	334,39	30	2389	0,02
	07	3	-	0,3	535,03	28	1783	0,38
	08	0,9	-	0,3	1486,20	28	4954	0,005
	09	0,3	-	0,8	1167,73	27,5	1460	0,006
	10	0,15	-	2,2	1187,52	10	540	0,009
	11	0,05	-	2,2	1167,73	10	531	0,009

Продовження таблиці 2.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9
020	12	2	-	0,14	334,39	30	2389	0,02
	13	3	-	0,3	445,86	28	1486	0,10
	14	2	-	0,3	668,79	28	2229	0,03
	15	1	-	2,2	3503,18	30	1592	0,001
	16	1	-	1	1783,44	56	1783	0,05
	17	4	0,25	1,5	1509,55	158	1006	0,03
	18	1	0,13	0,78	1152,61	232	1478	0,04
	19	2	-	0,14	334,39	30	2389	0,02
	20	3	-	0,3	477,71	30	1592	0,25
	21	1,25	-	0,8	583,86	27,5	730	0,034
	22	1	-	2,2	3503,18	30	1592	0,001
	23	1	-	1	1783,44	56	1783	0,05
	24	2,1	-	0,3	682,44	30	2275	0,05
	25	3,9	-	0,3	367,47	30	1225	0,06
	26	1,5	-	2,2	2101,91	30	955	0,002
	27	1,25	-	1,25	2229,30	56	1783	0,03

## 2.11 Нормування технологічних операцій

### 2.11.1 Розрахунок поштучного часу для операції

Визначимо норму часу, що приходить на операцію 010 «Багатоцільова з ЧПУ» при обробленні деталі «Корпус задній пневматично-гідравлічного підсилювача зчеплення».

Норма часу штучного визначається за наступною формулою:

$$T_{шт} = T_{он} + T_{обс} + T_{вл}$$

де  $T_{вл}$  - час на власні потреби робітника, хв;

$T_{обс}$  - час на обслуговування робочого місця, хв;

$T_{он}$  - операційний час оброблення, хв;

$$T_{он} = T_o + T_{дон}$$

де  $T_o$  - основний час оброблення, хв;

$T_{доп}$  - допоміжний час роботи, хв, визначається за формулою:

$$T_{доп} = T_{в.з} + T_{з.р} + T_{уп} + T_{вим} + T_{ц}$$

де  $T_{уст}$  - час на установку та зняття деталі, хв;

$T_{уп}$  - час на прийом керування обладнання, хв;

$T_{вим}$  - час на контрольні виміри, хв;

$T_{ц}$  - час на зміну інструменту,  $T_{ц} = 0,04$  хв;

Допоміжний час для всієї операції:

$$T_{доп} = T_{уст} + T_{уп} + T_{вим} + T_{ц}$$

де  $T_{уст} = 0,4$ хв;  $T_{уп} = 0,5$ хв;  $T_{вим} = 0,4$ хв;  $T_{ц} = 0,12$ хв.

Основний час оброблення для всієї операції:  $T_o = 2,68$ хв

Отже, допоміжний час для всієї операції:

$$T_{доп} = 0,4 + 0,5 + 0,4 + 0,12 = 1,67 \text{ (хв)}$$

Отже, оперативний час складає:

$$T_{оп} = 2,68 + 1,67 = 4,35 \text{ (хв)}$$

Час на обслуговування робочого місця  $T_{обс}$  та час на власні потреби  $T_{вл}$  приймають у відсотках від оперативного часу:

$$T_{обс} = 0,06 \cdot T_{оп} = 0,06 \cdot 4,35 = 0,234 \text{ (хв)}.$$

$$T_{вл} = 0,04 \cdot T_{оп} = 0,04 \cdot 4,35 = 1,44 \text{ (хв)}.$$

Підставивши дані в формулу  $T_{шт}$ , отримаємо:

$$T_{шт} = 4,35 + 0,234 + 1,44 = 6,02 \text{ (хв)}$$

Визначимо норму штучно-калькуляційного часу за наступною формулою:

$$T_{шт-к} = T_{шт} + \frac{T_{н.з}}{n}$$

де  $T_{н.з}$  - підготовчо-заклучний час, хв;  $n$  - кількість деталей в партії, шт;

Норма підготовчо-заклучного часу визначається за формулою:

$$T_{пз} = T_{орг} + T_{нал} + T_{по},$$

де  $T_{орг}$  - норма часу на організаційну підготовку, хв;  $T_{нал}$  - норма часу на налагодження верстата, пристосування, інструменту, програмних пристроїв,



хв;  $T_{по}$  – норма часу на пробне оброблення, хв. Приймаємо  $T_{орг}=10$  хв,  $T_{нал}=20$  хв,  $T_{по}=5,2$  хв. Отже:

$$T_{пз} = 10 + 20 + 5,2 = 33,2(\text{хв}).$$

Розмір партії деталей  $n$  можна визначити за формулою:

$$n = \frac{N \cdot t}{F},$$

де  $N$  – річний обсяг випуску, шт;  $t$  – кількість днів, на які потрібно забезпечити запас деталей;  $F$  – кількість робочих днів за рік. Приймаємо  $t=10$  днів,  $F=250$  днів. Отже:

$$n = \frac{6000 \cdot 10}{250} = 25(\text{шт}).$$

Отже:

$$T_{шт-к} = 5,57 + \frac{33,2}{25} = 7,35 (\text{хв})$$

### 2.11.2 Нормування аналоговими методами

Норми часу для всіх інших операцій призначаємо аналоговим методом [12], [14] та зводимо дані в табл. 2.17.

Таблиця 2.8 – Нормування операцій аналоговим методом

№	$T_o$ , хв	$T_{в.з.}$ , хв	$T_{ув}$ , хв	$T_{вим}$ , хв	$T_{ц}$ , хв	$T_{обс}$ , хв	$T_{вл}$ , хв	$T_{пз}$ , хв			$T_{шк}$ , хв
								$T_{орг}$ , хв	$T_{нал}$ , хв	$T_{по}$ , хв	
005	3,17	0,36	0,35	0,4	0,1	0,28	0,17	7	12	5	5,78
010	2,68	0,4	0,5	0,4	0,12	0,25	0,16	10	20	5,2	5,92
015	6,97	0,4	0,8	0,6	0,2	0,54	0,36	12	22	8	11,55
020	1,85	0,3	0,3	0,3	0,1	0,17	0,11	5	10	4	3,89

### 3 ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНИХ ПРИСТРОЇВ

#### 3.1 Розроблення і розрахунок конструкцій верстатних пристроїв

##### 3.1.1 Вихідні дані для розроблення конструкцій верстатних пристроїв

##### 3.1.1.1 Вихідні дані для розроблення конструкції верстатного пристрою для операцій 010 та 015

Базування і закріплення на операціях 010 та 015 заготовки. Пристрій встановлюється на поворотний стіл багатоцільового верстату з ЧПУ верстату HAAS UMC-750. Пристрій одномісний.

Прийнята схема базування для операцій 010 та 015 передбачає базування по площині та прилеглим до неї двом отворами. Дана схема базування позбавляє заготовку 6 ступенів вільності.

Матеріал деталі – сірий чавун СЧ25.

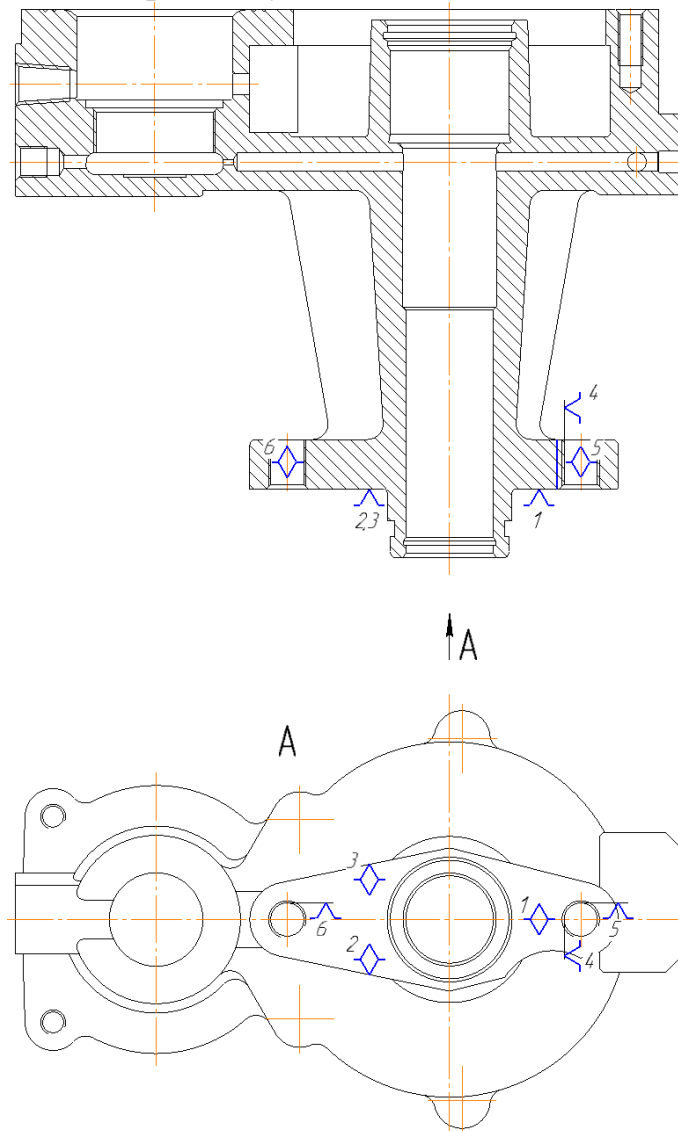


Рисунок 3.1- Схема базування деталі в пристрої

### 3.1.1.1 Вихідні дані для розроблення конструкції верстатного пристрою для операції 020

Базування і закріплення на операції 020 заготовки. Пристрій встановлюється на поворотний стіл верстату з ЧПУ верстат HAAS UMC-750. Пристрій одномісний.

Дана схема базування для операції 020 має базування по площині та двом отворам. Дана схема базування позбавляє заготовку шести ступенів вільності.

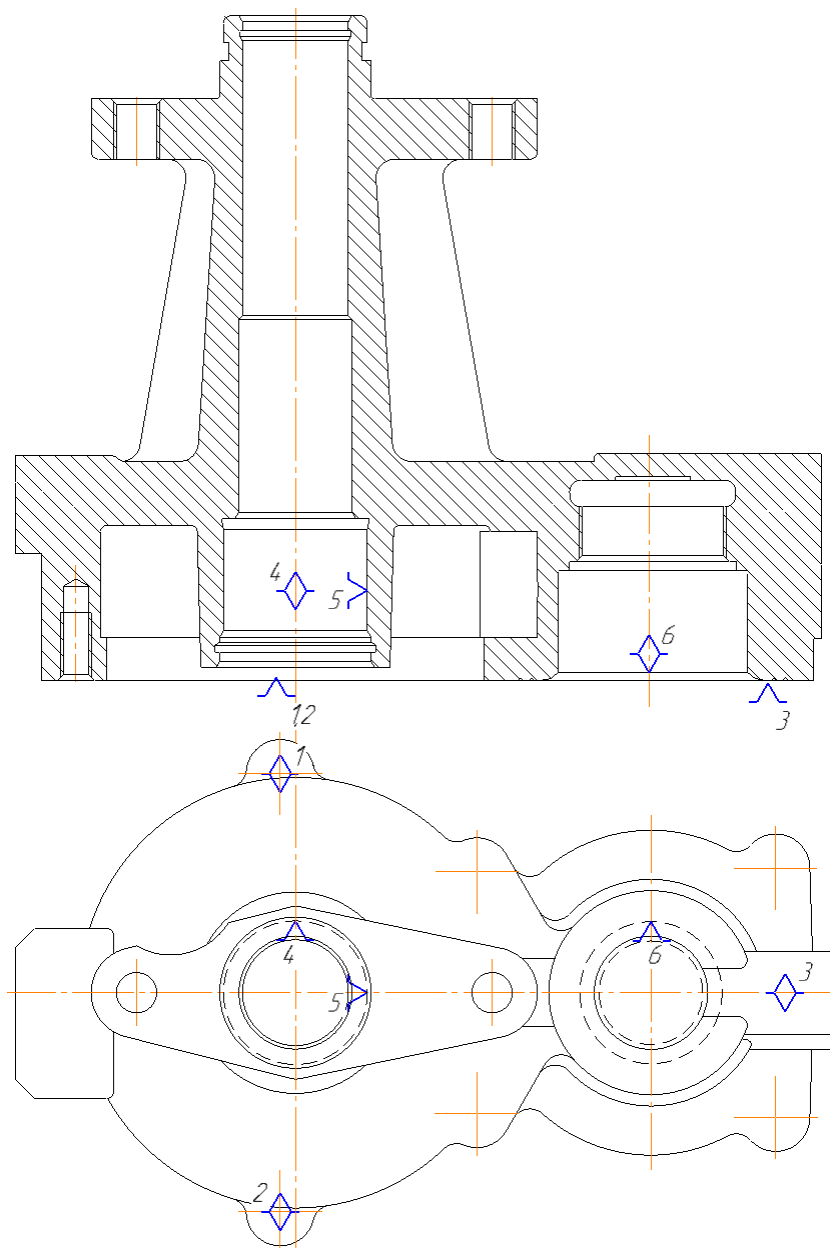


Рисунок 3.2- Схема базування в пристрої

### 3.1.2 Послідовність розроблення конструкцій верстатних пристроїв

Відповідно до алгоритмів, розробка конструкцій пристроїв проводиться таким чином:

1. опрацьовують варіанти схем установки заготовок. Із даних схем вибирають конструкції установочних елементів;
2. необхідно розробити розрахункову схему сил і моментів, які діють на заготовку під час оброблення, розраховують силу надійного закріплення заготовки;
3. розробляють схему затискного механізму та визначають основні параметри;
4. вибирають конструкції інших елементів пристрою;
5. розробляють ескіз загального виду;
6. виконують розрахунки пристрою на точність;
7. найслабші та найбільше навантажені ланки пристрою розраховують на міцність (жорсткість).

## 3.2 Теоретичні та методичні основи проектування верстатних пристроїв

### 3.2.1 Розрахунок похибок базування

#### 3.2.1.1 Розрахунок похибки базування для операцій 010 та 015

Заготовка установлюється на один циліндричний установчий палець і один зрізаний установчий палець. На пальці, заготовка встановлюється зазором, через це може виникнення похибки. Для визначення похибки базування потрібно визначити величину:

- граничного зсуву;
- граничного повороту;

Визначення граничного зсуву:

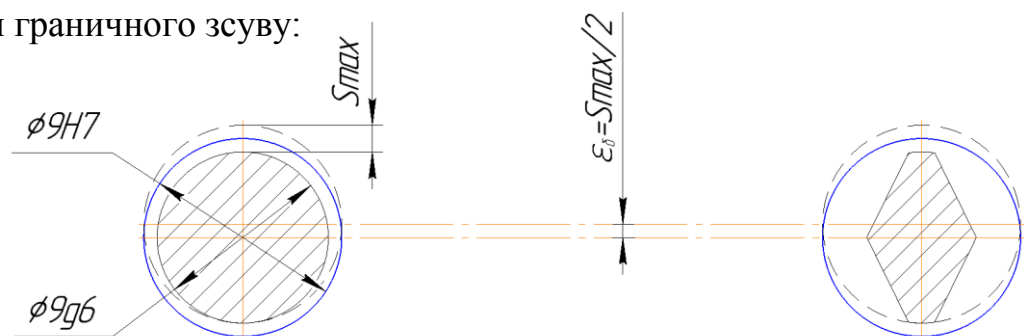


Рисунок 3.3- Схема визначення граничного зсуву

Базування даної деталі виконується на площину та два пальці із посадкою  $\varnothing 9 \frac{H7}{g6}$ . Враховуючи спосіб базування, похибку визначити як:

$$\varepsilon_{\delta} = \frac{S_{\max}}{2} = \frac{S_{\min} + IT_{\text{отв}} + IT_{\text{пальця}}}{2}$$

де  $S_{\min}$  – мінімально можливий зазор ;

Для по посадки  $\varnothing 9 \frac{H7}{g6}$  :

$$\varepsilon_o = \frac{5+9+15}{2} = 14,5 \text{ (мкм)}$$

Визначення граничного повороту:

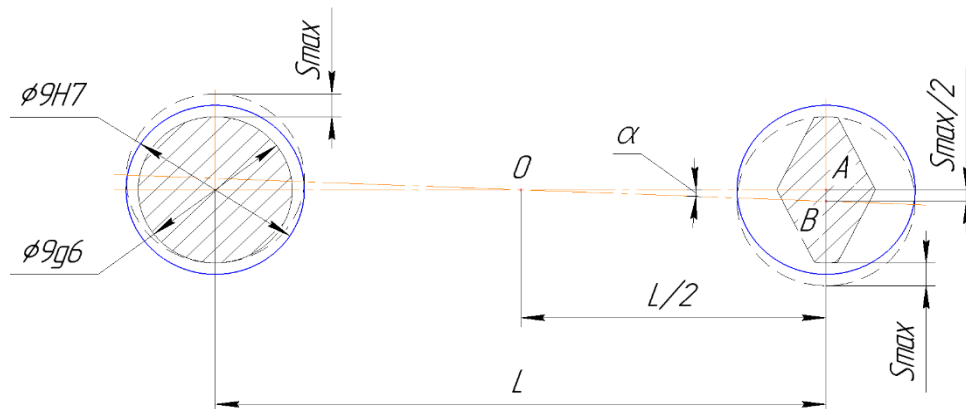


Рисунок 3.4- Схема визначення граничного повороту

Із побудови отримуємо:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{AB}{AO} = \frac{\frac{S_{\max}}{2}}{\frac{L}{2}} = \frac{S_{\max}}{L} = \frac{0,029}{94} = 0,00015$$

Граничний кут:

$$\alpha = 0^{\circ}0'1,11''$$

При такому куті повороту різбові отвори, які розміщені на відстані 125мм від центру повороту, зміщенні на величину  $125 \cdot \operatorname{tg} \alpha = 125 \cdot 0,00015 = 0,018\text{мм}$ , що менше допуску на просторове розташування цих отворів.

### 3.2.1.2 Розрахунок похибки базування для операції 020

Заготовка у пристрої установлюється на циліндричний установочний палець та впирається в упор у вигляді іншого циліндричного пальця. За такої схеми установки похибка виникатиме через поворот заготовки.

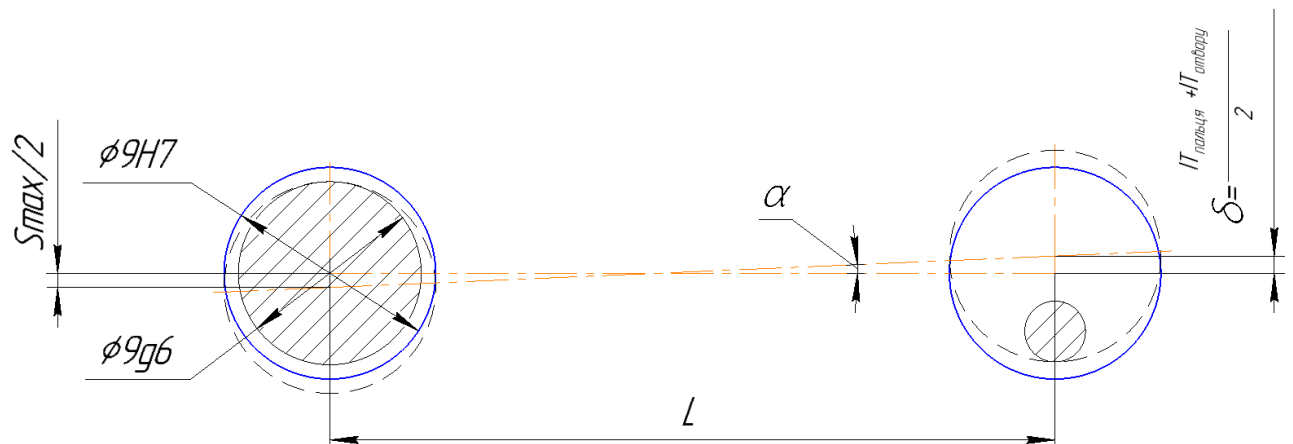


Рисунок 3.5- Схема визначення граничного повороту деталі

Із побудови отримуємо:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\frac{S_{\max}}{2} + \delta}{L} = \frac{S_{\max} + IT_{\text{пальця}} + IT_{\text{отвору}}}{2 \cdot L} = \frac{0,029 + 0,009 + 0,62}{2 \cdot 94} = 0,0025$$

Граничний кут повороту:

$$\alpha = 0^{\circ}8'36''$$

При такому куті повороту різбові отвори, які розташовані на відстані 52мм від центру повороту будуть зміщені на величину  $52 \cdot \operatorname{tg} \alpha = 52 \cdot 0,0032 = 0,13\text{мм}$ , це менше допуску на просторове розташування даних отворів.

### 3.2.2 Визначення похибок закріплення верстатного пристрою

#### 3.2.2.1 Визначення похибки закріплення верстатного пристрою для операцій 010 та 015

Похибка закріплення розраховується за формулою:

$$\varepsilon_3 = \left[ (K_{R_z} \cdot R_z + K_{HB} \cdot HB) + 0,4 + 0,045F \right] \frac{Q^n}{F^m}$$

$HB$  - твердість матеріалу,  $HB = 200 \text{ кгс/мм}^2$ ;

$Q$  - сила, що діє на заготовку по нормалі до опори,  $Q = 1630 \text{ Н}$ ;

$F$  - площа контакту, для установочних штирів  
 $D=10\text{мм}$ ,  $F = 0,785 \text{ см}^2$ ;

$R_z$  - шорсткість поверхні,  $R_z = 40 \text{ мкм}$ ;

$n = m = 0,7$ ;

$K_{R_z} = 0,004$ ;

$K_{HB} = -0,0016$ ;

$$\varepsilon_3 = \left[ (0,004 \cdot 40 - 0,0016 \cdot 200) + 0,4 + 0,045 \cdot 0,785 \right] \frac{1630^{0,7}}{785^{0,7}} = 22,12 \text{ (мкм)}$$

#### 3.2.2.1 Визначення похибки закріплення верстатного пристрою для операції 020

Похибка закріплення розраховується за формулою:

$$\varepsilon_3 = \left[ (K_{R_z} \cdot R_z + K_{HB} \cdot HB) + 0,4 + 0,045F \right] \frac{Q^n}{F^m}$$

$HB$  - твердість матеріалу,  $HB = 200 \text{ кгс/мм}^2$ ;

$Q$  - сила, що діє на заготовку по нормалі до опори,  $Q = 910 \text{ Н}$ ;

$F$  - площа контакту, для установочних штирів  
 $D=10\text{мм}$ ,  $F = 3,2 \text{ см}^2$ ;

$R_z$  - шорсткість поверхні,  $R_z = 40 \text{ мкм}$ ;

$n = m = 0,7$ ;

$$K_{R_z} = 0,004;$$

$$K_{HB} = -0,0016;$$

$$\varepsilon_3 = \left[ (0,004 \cdot 40 - 0,0016 \cdot 200) + 0,4 + 0,045 \cdot 0,785 \right] \frac{910^{0,7}}{785^{0,7}} = 17,3 \text{ (MKM)}$$



### 3.3 Розрахунок затискних систем верстатних пристроїв

#### 3.3.1 Розрахунок необхідної сили затиску Q

##### 3.3.1.1 Розрахунок необхідної сили затиску Q для операцій 010 та 015

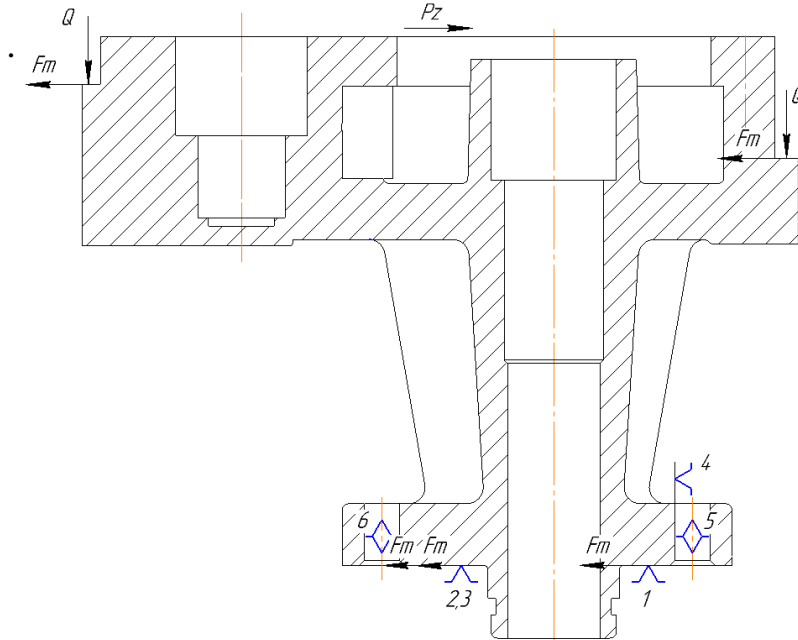


Рисунок 3.6- Схема дії сил

Приймаємо наступні припущення:

- Всі елементи пристрою абсолютно жорсткі;
- Вагу заготовки не враховуємо;
- Установочні елементи не сприймають силу різання;

Умова рівноваги визначає мінімальну силу затиску  $Q_{\min}$  за допомогою сили тертя  $Fm$ :

$$\sum Fx = 0 \parallel 5Fm - Pz = 0$$

$$Fm = \frac{Pz}{5}$$

$Fm$  - сила тертя,  $Fm = \mu \cdot Q_{\min}$ ;

$\mu$  - коефіцієнт тертя, для пари тертя чавун-сталь  $\mu = 0,3$ ;

Маємо:

$$Q_{\min} = \frac{Pz}{5 \cdot \mu} = \frac{1601,5}{5 \cdot 0,3} = 1967,67 \text{ Н}$$

Приймаємо:  $Q_{\min} = 2000 \text{ Н}$

$$k = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,0 = 3,6$$

Сила, необхідна для надійного затиску рівна:

$$Q = k \cdot Q_{\min} = 3,6 \cdot 2000 = 7200 \text{ } H$$

### 3.3.1.2 Розрахунок необхідної сили затиску $Q$ для операції 020

При фрезеруванні на даній операції колова сила різання:

$$P_z = \frac{10 \cdot 54,4 \cdot 0,7^{0,9} \cdot 0,13^{0,74} \cdot 30^1 \cdot 6}{50^1 \cdot 750^0} \cdot 1 = 897 \text{ Н}$$

Подальші розрахунки проводимо аналогічно розрахункам в п. 2.3.1.1:

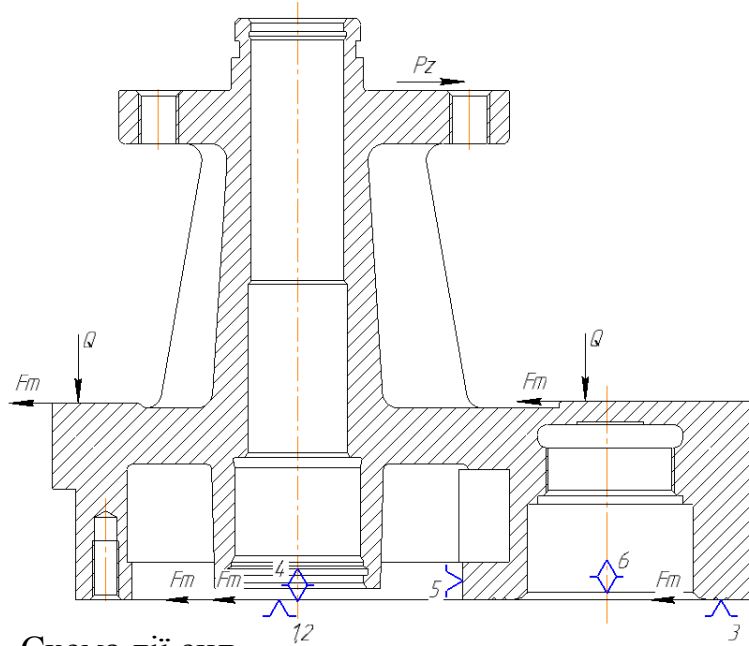


Рисунок 3.7- Схема дії сил

Умова рівноваги визначає мінімальну силу затиску  $Q_{\min}$  за допомогою сили тертя  $F_m$ :

$$\sum F_x = 0 \parallel 5F_m - P_z = 0$$

$$F_m = \frac{P_z}{5}$$

$F_m$  - сила тертя,  $F_m = \mu \cdot Q_{\min}$ ;

$\mu$  - коефіцієнт тертя, для пари тертя чавун-сталь  $\mu = 0,3$ ;

Маємо:

$$Q_{\min} = \frac{P_z}{5 \cdot \mu} = \frac{897}{5 \cdot 0,3} = 1463 \text{ Н}$$

Приймаємо:  $Q_{\min} = 1500 \text{ Н}$

Коефіцієнт надійності закріплення:

$$k = 1,2 \cdot 1,5 \cdot 1,3 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,0 = 3,6$$

Сила необхідна для надійного затиску, рівна:

$$Q = k \cdot Q_{\min} = 3,6 \cdot 1500 = 5400 \text{ Н}$$

### 3.3.2 Розрахунок силових механізмів пристроїв

#### 3.3.2.1 Розрахунок силових механізмів пристроїв для операцій 010 та 015

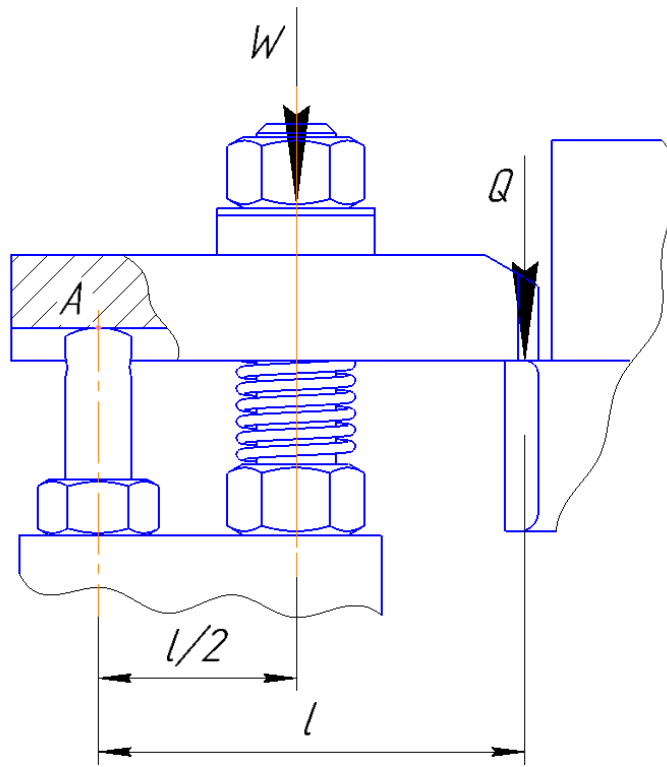


Рисунок 3.8- Схема затиску заготовки

Умова рівноваги визначає силу  $W$ , необхідну затягнути гайку на затискному пристрої:

$$\sum M_A = 0 \parallel W \cdot \frac{l}{2} - Q \cdot l = 0$$

$$W = 2 \cdot Q = 2 \cdot 7200 = 14400 \text{ Н} = 14,4 \text{ кН}$$

Згідно рекомендацій [17] для такого зусилля затиску обираємо для прихватів гайку М12 із середнім діаметром різьби  $d_2 = 10,863 \text{ мм}$ .

Момент затяжки визначаємо знайти за формулою:

$$M_z = 0,2 \cdot W \cdot d_2 = 0,2 \cdot 14400 \cdot 10,863 = 31325 \text{ Н} \cdot \text{мм} = 31,3 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Допустиме зусилля, прикладене до ключа для робітника становить  $F_{\text{доп}} = 157 \text{ Н}$ .

Звідси, мінімальна довжина ключа:

$$l_{\text{min}} = \frac{M_z}{F_0} = \frac{31325}{157} = 199,5 \text{ мм} \approx 200 \text{ мм}$$

### 3.3.2.2 Розрахунок силових механізмів пристроїв для операції 020

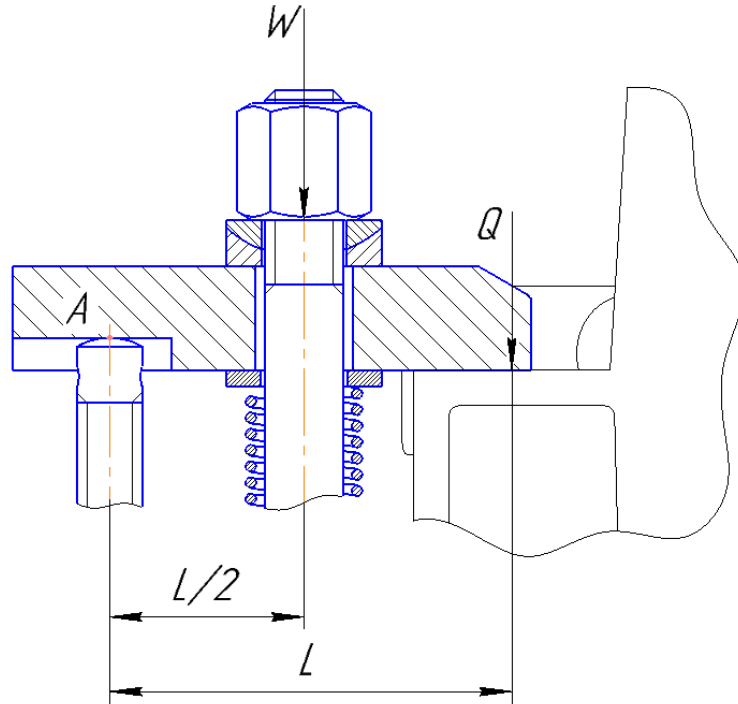


Рисунок 3.9- Схема затиску заготовки

Умова рівноваги визначає силу  $W$ , необхідну затягнути гайку на затискному пристрої:

$$\sum M_A = 0 \parallel W \cdot \frac{l}{2} - Q \cdot l = 0$$

$$W = 2 \cdot Q = 2 \cdot 5400 = 10800 \text{ Н} = 10,8 \text{ кН}$$

Згідно рекомендацій [17] для даного зусилля затискання вибираємо для прихватів гайку М12 із середнім діаметром різьби  $d_2 = 10,863 \text{ мм}$ .

Момент затяжки:

$$M_3 = 0,2 \cdot W \cdot d_2 = 0,2 \cdot 10800 \cdot 10,863 = 23385 \text{ Н} \cdot \text{мм} = 23,3 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Допустиме зусилля робітника, прикладене до ключа становить  $F_{\text{доп}} = 157 \text{ Н}$ .

Рінімальна довжина ключа:

$$l_{\min} = \frac{M_3}{F_{\text{доп}}} = \frac{23385}{157} = 148,9 \text{ мм} \approx 150 \text{ мм}$$

## Розділ 5. Розробка стартап-проекту

### 5.1. Опис ідеї проекту

Суть ідеї проекту полягає в розробці технологічного процесу та впровадженні виробництва деталей складної конфігурації, одиничної та малої серій на верстатах з ЧПК. Для даного проекту представлена розробка технологічного процесу та впровадженні виробництва деталі «Корпус задній пневматично-гідравлічного підсилювача зчеплення». Конфігурація деталі складна і потребує обробки на п'яти осьових верстатах. Алгоритм наведений в технологічному розділі даної роботи можна впровадити для даного типу деталей. Виготовлення деталей на обладнанні яке є в наявності, посередництво з замовниками та компаніями партнерами та надання консультаційних послуг по технології виготовлення деталей є основними напрямками даного проекту. Використана методологія розробки стартап-проекту викладена в ресурсі [18].

В таблицях 5.1 та 5.2 наведений більш детальний опис ідеї та проведено визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту.

*Таблиця 5.1. Опис ідеї стартап-проекту*

<b>Зміст ідеї</b>	<b>Напрямки застосування</b>	<b>Вигоди для користувача</b>
Виготовлення деталей складної конфігурації на верстатах з ЧПК	Виготовлення деталей на наявному обладнанні; Посередництво в виготовленні деталей Надання консультаційних послуг	Зменшення часу обслуговування одного замовлення (замовник) Зменшення вартості оброблення (змовник)

Таблиця 5.2. Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п/п	Техніко-економічні характеристики ідеї	Потенційні товари/концепції конкурентів			W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Проект	Конкурент:	Конкурент:			
	Ціна	+	-	-			+
	Можливість співробітництва	+	-	+		+	
	Легкість налагодження виробництва	+	+	+	+		
	Швидкість виготовлення	+	-	-	+		
	Ціна обладнання	-	+	+	-		

## 5.2. Технологічний аудит ідеї проекту

В межах цього розділу потрібно провести аудит технології, за допомогою якої можна реалізувати ідею проекту (технології створення товару). Для проведення аудиту рішення наступні питання: (табл. 5.3):

За якою технологією буде виготовлено товар згідно ідеї проекту?

Чи існують такі технології, чи їх потрібно розробити/добробити?

Чи доступні такі технології авторам проекту

Таблиця 6.3. Технологічна здійсненність ідеї проекту

п/п	Ідея проекту	Технологія реалізації	Наявність технології	Доступність технології
.	Виготовлення деталей складної конфігурації на верстатах з ЧПК	Оброблення на ЧПК верстатах	Наявні	Потребують подальшого вдосконалення
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: виготовлення деталей з використання сучасного обладнання				

Враховуючи проведений аналіз, приходимо до висновку що за всіма показниками проект можливо запустити, хоч це и буде досить складно.

Беручи до уваги проведений аналіз, можна зробити висновок, що запуск проекту є можливим, при виконанні певних умов:

- Регулярна вдосконалення наявного обладнання;
- Постійне впровадження нових технологічний процесів;
- Розширення клієнтської бази.



### 5.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Визначення ринкових можливостей, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкових загроз, які можуть перешкодити реалізації проекту, дозволяє спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів-конкурентів[18].

Спочатку проводиться аналіз попиту: наявність попиту, обсяг, динаміка розвитку ринку (див. табл. 6.4).

*Таблиця 5.4. Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту*

п/п	Показники стану ринку	Характеристика
	Кількість головних гравців, од	100-200
	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	60000/рік
	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Необхідність великих інвестицій
	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Немає
	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	10%

Далі визначаються потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та формується орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи (див. табл. 5.5.).

*Таблиця 5.5. Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту*

/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
	Надійність, точність виробництва	СТО, малі машинобудівні підприємства	Немає	Продукція повинна бути виготовлена швидко, за мінімальну ціну з забезпеченням необхідної якості

Після визначення потенційних груп клієнтів проводиться аналіз ринкового середовища: складаються таблиці факторів, що сприяють ринковому впровадженню проекту, та факторів, що йому перешкоджають

(табл. № 4.6 - 4.7). Фактори в таблиці подавати в порядку зменшення значущості.

*Таблиця 5.6. Фактори загроз*

/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
	Відсутність необхідної завантаженості	При недостатній кількості замовлень, сума витрат і кредитних зобов'язань буде перевищувати суму доходів	Зменшення витрат на виготовлення, якісне виготовлення замовлень для збереження клієнтів і створення відповідної репутації.
	Некомпетентність персоналу	Для використання сучасного обладнання необхідно мати кваліфікований персонал	Створення умов для найму кваліфікованих працівників, заохочення персоналу до професійного росту

*Таблиця 5.7. Фактори можливостей*

/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
	Вихід на прибуткове виробництво	Закріплення позицій на вітчизняному ринку	Вдосконалення обладнання та технологій оброблення. Збільшення бази клієнтів
	Створення репутації	Забезпечення повторного звернення клієнтів	Можливість маніпулювання ціною або можливість формування черги

Проведено аналіз пропозиції з визначенням рис конкуренції на ринку (див. табл. 5.8.).

*Таблиця 5.8. Аналіз конкуренції на ринку*

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
Тип конкуренції	Олігополія	Зменшення вартості послуги
За рівнем конкурентної боротьби	Регіональна	Можливе зростання за рахунок збільшення зони впливу
За галузевою	Внутрішньогалузе	Підвищення якості

<b>Особливості конкурентного середовища</b>	<b>В чому проявляється характеристика</b>	<b>Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)</b>
ознакою	ва	послуг, вдосконалення обладнання
За інтенсивністю	Марочна	Закріплення свого бренду на ринку
За характером конкурентних переваг	Цінова	Зменшення ціни на продукцію
Конкуренція за видами товарів	Товарно-родова	Проведення виставок для підтвердження якості продукції

Після завершення аналізу конкуренції проводиться детальний аналіз умов конкуренції.

*Таблиця 5.9. Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером*

	<b>Прямі конкуренти в галузі</b>	<b>Потенційні конкуренти</b>	<b>Постачальники</b>	<b>Замовники</b>	<b>Послуги</b>
<b>Складові аналізу</b>	Релевантні галузі	Підприємства, які мають наявності верстати з ЧПК	Матеріали клієнти, або спеціалізовані компанії. Обладнання спеціалізовані компанії	СТО, малі підприємства	Потенційно велика кількість
<b>Висновки</b>	Конкуренція на ринку потребує постійного росту для збереження місця на ринку	Можливість запуску проекту можлива за умови залучення кредитних коштів або партнерських інвестицій	Необхідно налагодити співпрацю з кількома вітчизняними компаніями постачальниками, і кількома закордонними	Найважливішими показниками для клієнтів є швидкість виконання, ціна і якість	Необхідно співпрацювати з підприємствами, які мають унікальне обладнання

			ми.		
--	--	--	-----	--	--

Враховуючи конкуренцію на ринку необхідно враховувати вимоги змовників, але завдяки налагодженню співпраці з компаніями-партнерами можливість виходу на ринок існує.

Обґрунтування факторів конкурентоздатності наведені в табл. 5.10.

*Таблиця 5.10. Обґрунтування факторів конкурентоздатності*

п/п/	Фактор конкурентоздатності	Обґрунтування
	Зменшення часу оброблення замовлення	При зменшенні часу, збільшується задоволеність клієнтів та збільшується час на оброблення інших замовлень
	Впровадження сучасних технологічних процесів оброблення	Зменшення часу на оброблення деталей і зменшення трудомісткості оброблення та витрат матеріалу
	Гнучкість виробництва	Через мережу компаній-партнерів можливість виконання широкого спектру послуг

За факторами конкурентоздатності виконуємо аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту (табл. 5.11).

*Таблиця 5.11. Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін*

п/п/	Фактор конкурентоздатності	али 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з						
			3	2	1		1	2	3
	Зменшення часу оброблення замовлення								
	Впровадження сучасних технологічних процесів оброблення								
	Гнучкість виробництва								

Завершальним етапом аналізу можливостей впровадження стартап-проекту є складання SWOT-аналізу на основі сильних і слабких сторін, та виділених ринкових загроз та можливостей (див. табл. 6.12).

Перелік загроз та можливостей складається з аналізу факторів загроз та факторів можливостей маркетингового середовища.

*Таблиця 5.12. SWOT- аналіз стартап-проекту*

<b>Сильні сторони:</b> Низька вартість оброблення	<b>Слабкості:</b> Висока ціна обладнання
<b>Можливості:</b> Створення активного доходу	<b>Загрози:</b> Збитковість підприємства

На основі SWOT-аналізу створюються заходи для виведення стартап-проекту на ринок та орієнтовний час реалізації послуг на ринку з огляду на потенційних конкурентів, що можуть увійти на ринок. Альтернативи аналізуються з точки зору ймовірності отримання ресурсів та термінів їх реалізації (табл. 5.13).

*Таблиця 5.13. Альтернативи впровадження стартап-проекту*

п/п	<b>Альтернатива ринкової поведінки</b>	<b>Ймовірність отримання ресурсів</b>	<b>Строки реалізації</b>
	Підвищення кваліфікацій персоналу	Ймовірна	3-8 місяців
	Виправлення помилки	Ймовірна	1-2 місяці

Як альтернативу ринкового впровадження стартап-проекту вибрано виправлення помилок в роботі з клієнтами, оскільки вона має більш стислі терміни реалізації.

#### 5.4. Розроблення ринкової стратегії проекту

Першим кроком розроблення ринкової стратегії є визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних замовників (див. табл. 5.14).

*Таблиця 5.14. Вибір цільових груп потенційних замовників*

п/п	Опис профілю цільової групи потенційних замовників	Готовність споживачів сприйняти продукт	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Орієнтовний попит в межах цільової групи	Просота входу у сегмент
	СТО	Повна	Висока	Середня	Висока
	Малі підприємства	повна	Висока	Висока	Висока
Які цільові групи обрано: Робота з СТО					

Вибрана стратегія охоплення ринку: диференційована стратегія маркетингу - робота із кількома групами.

Для роботи в даних сегментах ринку необхідно сформулювати стратегію розвитку (див. табл. 5.15).

*Таблиця 6.15. Визначення стратегії розвитку*

п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
	Виправлення помилок	Диференційованою стратегією маркетингу	Постійний робота з клієнтами для забезпечення їхньої задоволеності	Заняття конкурентної ніші

Вибір стратегії конкурентної поведінки (див. табл. 6.16).

*Таблиця 5.16. Визначення базової стратегії конкурентної поведінки*

п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових	Чи буде компанія копіювати	Стратегія конкурентної
-----	--	-------------------------------	----------------------------	------------------------

		<b>клієнтів, або забирати існуючих у конкурентів?</b>	<b>основні характеристики послуг конкурента, і які?</b>	<b>поведінки</b>
	Ні	Так	Так, виготовлення за низькою ціною	Наслідую вання лідеру

На основі вимог замовників з обраних сегментів до стартап-компанії та послуги а також в залежності від обраної стратегії розвитку та стратегії конкурентної поведінки створюється стратегія позиціонування, яка характеризується формуванням ринкової позиції, за допомогою якої споживачі мають ідентифікувати торгівельну марку/проект (див. табл. 5.17).

*Таблиця 5.17. Визначення стратегії позиціонування*

<b>п/п</b>	<b>Вимоги до послуги цільової аудиторії</b>	<b>Базова стратегія розвитку</b>	<b>Ключові конкурентоздатні позиції власного стартап-проекту</b>	<b>Вибір асоціацій, які мають сформулювати комплексну позицію власного проекту</b>
	Послуга має бути виконана швидко, дешево і якісно	Заняття конкурентної ніші	Постійне вдосконалення обладнання та ТП	Швидкість, якість, ціна

#### 5.5. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Першим є формування маркетингової концепції послуги, яку отримає споживач. Для цього у потрібно проаналізувати результати попереднього аналізу конкурентоздатності товару (див. табл. 5.18).

*Таблиця 5.18. Визначення переваг концепції потенційних послуг*

<b>п/п</b>	<b>Потреба</b>	<b>Вигода, яку пропонує послуга</b>	<b>Ключові переваги перед конкурентами</b>
	Виконання з швидкі терміни	Можливість отримання послуги в зазначені терміни	Забезпечення необхідної якості за малий проміжок часу, який необхідний замовнику

	Ціна	Зменшення вартості оброблення деталі	Завдяки використанню сучасного обладнання та сучасних ТП зменшення трудомісткості оброблення
--	------	--------------------------------------	--

Далі створюється трирівнева маркетингова модель послуги: уточняється ідея послуги, її фізичні складові, особливості процесу її надання (див. табл. 5.19).

*Таблиця 5.19. Опис трьох рівнів моделі товару*

<b>Рівні послуги</b>	<b>Сутність та складові</b>
Послуга за задумом	Оброблення складних деталей
Послугу реальному виконанні	1.Швидкість виконання замовлення
	2. Якість оброблення
	3.Ціна послуги
За рахунок постійного процесу росту компанія забезпечую свою конкурентоздатність .	

Наступним є визначення цінових меж, якими необхідно керуватись при встановленні ціни на потенційні послуги, яке передбачає аналіз ціни на послуги-аналоги (табл. 5.20). Аналіз проводимо експертним методом.

*Таблиця 5.20. Визначення меж встановлення ціни*

<b>п/п</b>	<b>Рівень цін на послуги-аналоги</b>	<b>Рівень доходів цільової групи споживачів</b>	<b>Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу</b>
	500-10000\$	1000 \$ / місяць	400 – 8000 \$



Наступним є визначення оптимальної системи надання послуг, в межах якого приймається рішення (табл. 5.21):

Проводити надання послуг власними силами або залучати сторонніх посередників (власна або залучена система збуту);

Вибір та обґрунтування оптимальної глибини каналу надання послуг;

Вибір та обґрунтування виду посередників.

*Таблиця 5.21. Формування системи надання послуг у*

<b>п/п</b>	<b>Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів</b>	<b>Функції надання послуг, які має виконувати постачальник послуги</b>	<b>Глибина каналу надання послуг</b>	<b>Оптимальна система з надання послуг</b>
	надання послуг власними силами		міжнародний	структурована
	надання послуг через посередників	Зберігання, сортування, встановлення контакту, інформування	міжнародний	структурована

розроблення концепції маркетингових комунікацій є останньою складовою маркетингової програми.(табл. 4.22).

*Таблиця 5.22 - Концепція маркетингових комунікацій*

<b>п/п</b>	<b>Специфіка поведінки цільових клієнтів</b>	<b>Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти</b>	<b>Ключові позиції, обрані для позиціонування</b>	<b>Завдання рекламного повідомлення</b>	<b>Концепція рекламного звернення</b>
	Пошук аналогів	Інтернет, форуми	ЧПК	Якість	Швидкість та ціна

## 5.6. Висновки по розділу

Після аналізу потреб, можна зазначити що розробці технологічного процесу та впровадженні виробництва деталей складної конфігурації, одиничної та малої серій на верстатах з ЧПК користуються популярністю серед підприємств. Існує висока конкуренція за рахунок великої кількості малих виробників, але за рахунок оптимізації процесу оброблення існує можливість збільшення конкурентоздатності. Для ринкової реалізації

проекту потрібно вибрати метод постійного моніторингу недоліків та їх усунення в найближчі терміни. Імплементація проекту є доцільною, тому що на даному регіоні мало підприємств даного типу, що підвищить можливості підприємства при сучасного обладнання.

## Література

1. Душинський В.В. Навчальний посібник Сучасні методи аналізу технологічних процесів у машинобудуванні: Навчальний посібник . Душинський В.В. К.:ІСДО, 1994. – 216 с.
2. Технологія машинобудування 1. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт за напрямом підготовки бакалаврів 6.050502 «Інженерна механіка» подальшої спеціальності 7.05050201/8.05050201 «Технологія машинобудування» / Укладачі: Петраков Ю.В., Фролов В.К. – К.: КПІ, 2015. – 55 с. (електронне видання).
3. Технологическая наследственность в машиностроении / П.И. Ящерицын, Э.В. Рыжов, В.И. Аверченков. – Мн.: Наука и техника, 1977. – 256 с.
4. Технологическая наследственность в машиностроительном производстве / А.М. Дальский, Б.М. Базров, А.С. Васильев и др. / Под ред. А.М. Дальского. – М.: Изд-во МАИ, 2000. – 364 с.
5. Технологія машинобудування 2. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт за напрямом підготовки бакалаврів 6.050502 «Інженерна механіка» подальшої спеціальності 7.05050201/8.05050201 «Технологія машинобудування» / Укладачі: Петраков Ю.В., Фролов В.К. – К.: КПІ, 2015. – 65 с. (електронне видання).
6. Веб сайт Wolfram [Електронний ресурс]. URL: <http://mathworld.wolfram.com/CorrelationCoefficient.html> (Дата звернення: 04.12.2018).
7. Веб сайт АВТОРУК [Електронний ресурс]. URL: <http://autoruk.ru/okamaze/transmissiia/pgu> (Дата звернення: 04.12.2018).
8. Веб сайт International Haas Automation Inc [Електронний ресурс]. URL: [http://int.haascnc.com/mt\\_spec1.asp?intLanguageCode=1049&id=UMC-750&webID=5AXIS\\_VMC](http://int.haascnc.com/mt_spec1.asp?intLanguageCode=1049&id=UMC-750&webID=5AXIS_VMC) (Дата звернення: 05.12.2018).
9. Веб сайт D'Andrea [Електронний ресурс]. URL: <http://www.dandrea.com/rus/contents.asp?c=10&s=27&tag=Ta-Center> (Дата звернення: 02.12.2018).
10. «Растет припусков и межпереходных размеров в машиностроении»/ Я.М.Радкевич, В.А.Тимирязов, А.Г.Схиртладзе, М.С.Островский// «Высшая школа», Москва, 2004
11. ГОСТ 26645-85. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку.
12. Справочник нормировщика-машиностроителя: Т.2 /Под ред. Е. И. Стружестраха. – М.: Машгиз, 1961. – 890 с.

13. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. – М.: Машиностроение, 1974. – 894 с.
14. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ. Серийное производство. – М.: Машиностроение, 1974. – 493 с.
15. Горошкин А. К. Приспособления для металлорежущих станков: Справочник. – М.: Машиностроение, 1979. – 383с.
16. Ансеров М. А. Приспособления для металлорежущих станков. Л: Машиностроение, 1975.- 658 с.
17. Станочные приспособления: Справочник, / Под ред. Б. Н. Вардашкина. – М.: Машиностроение, 1984. Т. 1-2.
18. Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс] : Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.